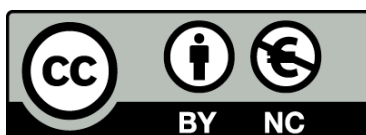




UNIVERSITAT DE
BARCELONA

Funcionalidad, fuerza y equilibrio en personas mayores: valoración e intervención de ejercicio físico

Silvia Aranda García



Aquesta tesi doctoral està subjecta a la llicència **Reconeixement- NoComercial 4.0. Espanya de Creative Commons.**

Esta tesis doctoral está sujeta a la licencia **Reconocimiento - NoComercial 4.0. España de Creative Commons.**

This doctoral thesis is licensed under the **Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0. Spain License.**

Universitat de Barcelona

Departament de Teoria i Història de l'Educació

Institut Nacional d'Educació Física de Catalunya

Centre de Barcelona

Programa de doctorat: Activitat Física i Esport

Bienni 2005 - 2007

**Funcionalidad, fuerza y equilibrio en personas mayores:
valoración e intervención de ejercicio físico**

Para optar al título de

Doctora por la Universidad de Barcelona

Tesis doctoral presentada por

Silvia Aranda García

Dirigida por

Dra. Rosa Angulo-Barroso

Barcelona, 2011

Índice

Resumen	v
Abstract	vi
Estructura de la tesis	vii
CAPÍTULO I. Introducción y antecedentes	1
I.1. Envejecimiento poblacional y coste económico del envejecimiento.....	3
I.1.1. Envejecimiento poblacional mundial, estatal y autonómico	3
I.1.2. El coste económico del envejecimiento	4
I.1.3. Reducción del coste económico mediante el ejercicio físico	5
I.2. El envejecimiento en las personas.....	6
I.2.1. El envejecimiento global en las personas.....	7
I.2.2. El envejecimiento y las enfermedades	9
I.3. El envejecimiento y la marcha	10
I.3.1. Introducción al envejecimiento y la marcha	10
I.3.2. Efectos del envejecimiento sobre la marcha.....	11
I.3.3. Efectos del envejecimiento sobre la velocidad de marcha	12
I.3.4. Valoración y valores de referencia de la marcha en personas mayores.....	13
I.3.5. Relación de la marcha con la fuerza y el equilibrio	14
I.4. El envejecimiento y la fuerza muscular	16
I.4.1. Introducción al envejecimiento y la fuerza muscular.....	16
I.4.2. Efectos del envejecimiento sobre el músculo	16
I.4.3. Efectos del envejecimiento sobre las manifestaciones funcionales del músculo	18
I.4.4. Valoración y valores de referencia de la fuerza muscular en personas mayores	21
I.5. El envejecimiento y el equilibrio.....	24
I.5.1. Introducción al envejecimiento y el equilibrio	24
I.5.2. Definición y tipos de equilibrio	24
I.5.3. Efectos del envejecimiento sobre el equilibrio	26

I.5.4. Valoración y valores de referencia del equilibrio en personas mayores	30
I.6. El ejercicio físico en las personas mayores	36
I.6.1. Tipos de intervenciones de ejercicio físico	37
I.6.2. Importancia del ejercicio en la población mayor	43
I.6.3. Beneficios del ejercicio en las personas	44
I.7. Beneficios del ejercicio en la marcha.....	52
I.7.1. Intervenciones de ejercicio para la mejora de la marcha en personas mayores	53
I.7.2. Efectos del ejercicio físico en la marcha	55
I.8. Beneficios del ejercicio físico en la fuerza	57
I.8.1. Intervenciones de ejercicio para la mejora de la fuerza en personas mayores	58
I.8.2. Efectos del ejercicio físico en la fuerza	60
I.9. Beneficios del ejercicio físico en el equilibrio	64
I.9.1. Intervenciones de ejercicio para la mejora del equilibrio en personas mayores	65
I.9.2. Efectos del ejercicio físico en el equilibrio	67
I.10. Hipótesis y objetivos	70
I.10.1. Hipótesis y objetivos de la tesis.....	70
I.10.2. Hipótesis y objetivos del Capítulo II.....	71
I.10.3. Hipótesis y objetivos del Capítulo III	74
I.11. Referencias bibliográficas del capítulo I	76
CAPÍTULO II. Valoración de funcionalidad, fuerza y equilibrio en una muestra de personas mayores	89
II.1. Introducción	91
II.2. Métodos	96
II.2.1. Participantes	96
II.2.2. Procedimiento	98
II.2.3. Equipamiento.....	99
II.2.4. Valoración	99
II.2.5. Reducción de datos y variables	101

II.2.6. Análisis estadístico.....	106
II.3. Resultados.....	107
II.3.1. Descriptiva y análisis para toda la muestra	107
II.3.2. Descriptiva y análisis de la muestra por grupo de edad.....	114
II.3.3. Descriptiva y análisis de la muestra por sexo	124
II.4. Discusión	131
II.4.1. Descriptiva	131
II.4.2. Predicción de marcha	138
II.4.3. Efectos de oclusión de ojos y carga cognitiva en el equilibrio	143
II.4.4. Limitaciones y futuras líneas	148
II.5. Conclusiones	150
II.6. Referencias bibliográficas del capítulo II	152
CAPÍTULO III. Efectos de las intervenciones de ejercicio y retención	157
III.1. Introducción	159
III.2. Métodos.....	164
III.2.1. Participantes	164
III.2.2. Equipamiento.....	166
III.2.3. Procedimiento	166
III.2.4. Valoración.....	167
III.2.5. Protocolo en intervención	168
III.2.6. Reducción de datos y variables	170
III.2.7. Análisis estadístico.....	171
III.3. Resultados.....	172
III.3.1. Descriptiva por grupos y momentos	173
III.3.2. Efectos de grupo y/o momento en las variables generales, la marcha y la fuerza.	178
III.3.3. Efectos de grupo, momento y/o condición en las variables de equilibrio.....	182
III.4. Discusión	186
III.4.1. Efectos de las intervenciones	186
III.4.2. Retención de los efectos.....	196

III.4.3. Resumen	200
III.4.4. Implicaciones prácticas.....	200
III.4.5. Limitaciones y futuras líneas	202
III.5. Referencias bibliográficas del capítulo III	205
CAPÍTULO IV. Discusión general y recomendaciones.....	211
IV.1. Discusión general	213
IV.2. Recomendaciones	222
IV.3. Referencias bibliográficas del capítulo IV	224
Agradecimientos.....	229
Anexos	231
Anexo 01. Informe favorable del comité ético del <i>Hospital Arnau de Vilanova</i>	233
Anexo 02. Informe favorable del comité ético de la <i>Administració Esportiva de la Generalitat de Catalunya</i>	237
Anexo 03. Consentimiento informado	241
Anexo 04. Hoja de registro de la toma de datos	251
Anexo 05. Índice de tablas y figuras	255

Resumen

INTRODUCCIÓN: El envejecimiento empeora la funcionalidad física y capacidades motrices de las personas incluyendo la velocidad de marcha, la fuerza y el equilibrio. Los objetivos de este proyecto fueron: describir una población de personas mayores sanas, encontrar predictores de funcionalidad física, determinar los efectos de dos intervenciones de ejercicio físico en la funcionalidad física, la fuerza y el equilibrio y valorar la retención de los efectos del ejercicio. **MÉTODOS:** La velocidad de marcha se midió con células fotoeléctricas, la máxima fuerza de extensores de rodilla y de prensión de mano con dinamometría y el equilibrio con plataforma de fuerzas. Los participantes fueron repartidos aleatoriamente en dos grupos de intervención de 12 semanas de duración (ejercicio tradicional -EF- y ejercicio con caballo -CA-) y uno control. Mediciones: línea base, 12 semanas y 16 semanas (4 semanas de retención). **RESULTADOS:** n=55 (40 mujeres) de 72.1 ± 6.6 años mostraron que la fuerza máxima de piernas a 60° de flexión de rodilla fue el mejor predictor de funcionalidad física. El equilibrio fue un predictor secundario de funcionalidad física, junto con la fuerza. En personas muy mayores el equilibrio empeoró especialmente en el eje antero-posterior. EF y CA mejoraron la fuerza de extremidad inferior. Además, EF mejoró la fuerza de extremidad superior y CA mejoró la velocidad de marcha. La retención de los efectos fue casi total en la fuerza de extremidad inferior en EF a 90° de flexión de rodilla. El resto de variables tuvieron una retención parcial. **CONCLUSIONES:** La fuerza de piernas parece ser fundamental para el mantenimiento de la marcha en personas mayores sanas, pero el equilibrio puede afectar otros aspectos de funcionalidad física como son las caídas. Según nuestro conocimiento, este es el primer estudio que compara los beneficios de una intervención de ejercicio físico con caballo con una tradicional. Ambas intervenciones pueden mejorar la fuerza. Aunque solo CA parece mejorar la funcionalidad física, dicha intervención tiene altos costes. Dado que la retención de los efectos es fundamentalmente parcial, se aconseja continuidad en la intervención. No obstante, son necesarios futuros estudios que profundicen en las características de las intervenciones que mayores beneficios producen (e.g. carga, tipo de ejercicios).

Abstract

INTRODUCTION: Aging worsens physical function of elderly people including walking speed, muscle strength and balance. The objectives of this project were: to describe a population of healthy older people, to find predictors of physical functioning, to determine the effects of two exercise interventions on physical function, strength and balance and to assess the retention of the exercise effects. **METHOD:** Walking speed was measured with a photocell timing system, maximum knee extensor strength and handgrip was measured by dynamometry and balance was measure with a force platform. Participants were randomized into three groups: two intervention groups (traditional exercise -EF-, and exercise with a horse -CA-) and one control group. The intervention lasted 12 weeks. Measurements: baseline, 12 weeks and 16 weeks (follow-up: 4wks). **RESULTS:** n=55 (40 women) of 72.1 ± 6.6 years showed that maximum leg muscle strength at 60° of knee flexion was the best predictor of physical functioning. Balance was a secondary predictor of physical functioning. In the oldest elderly balance worsened especially in the anterior-posterior direction. EF and CA interventions improved leg strength. In addition, EF improved handgrip strength and CA improved gait speed. The effect of retention was almost total on the leg strength in EF at 90° of knee flexion. The remaining variables presented partial retention. **CONCLUSIONS:** Leg strength seems essential for the maintenance of walking speed in healthy older adults, but balance may be critical for other physical functions as fall avoidance. To our knowledge, this is the first study comparing the benefits of an exercise intervention with a horse versus a traditional one. Both interventions can help to improve strength in older people. Although CA improved physical function, this intervention has high added costs. Given that retention of effects is fundamentally partial, we propose continuous intervention. However, further studies are needed to delve into the characteristics of interventions that produce greater benefits (e.g. dose, type of exercises).

Estructura de la tesis

La presente tesis la hemos estructurado en cuatro capítulos.

El primer capítulo es una introducción de los conceptos necesarios para la comprensión de los siguientes capítulos. Se compone fundamentalmente de tres grandes secciones: el envejecimiento poblacional, los efectos del envejecimiento sobre la función física y los beneficios que se obtienen de la práctica de ejercicio físico. Todos estos aspectos los centramos en la funcionalidad física, valorada mediante la marcha funcional, y capacidades motrices relacionadas como la fuerza muscular y el equilibrio en personas mayores.

Los capítulos segundo y tercero conforman dos estudios del mismo proyecto de investigación y están estructurados en: introducción, métodos, resultados y discusión.

En el segundo capítulo detallamos las características de los participantes y buscamos modelos de predicción de la marcha como medida de funcionalidad física. Los resultados los presentamos por sexo (mujeres y hombres) y edad (mayores jóvenes y muy mayores) e incluyen variables generales (e.g. masa corporal, nivel de actividad física), y las variables motrices de fuerza y equilibrio. Realizamos dos modelos de predicción, uno global y otro de capacidades motrices. Además, en este capítulo determinamos los efectos de distintas condiciones sobre el equilibrio, como la oclusión ocular o la carga cognitiva adicional.

En el tercer capítulo profundizamos en los efectos que producen dos intervenciones distintas de ejercicio físico (i.e. intervención de ejercicio físico tradicional e intervención de ejercicio físico con la presencia de un caballo) en comparación a un grupo control. Valoramos los cambios en la funcionalidad física de los participantes, sus factores motrices subyacentes (i.e. fuerza y equilibrio) y variables generales. Además determinamos la retención de dichos efectos en el tiempo.

En el cuarto capítulo realizamos una discusión general conjunta del segundo y tercer capítulo, así como el reconocimiento de las limitaciones de esta tesis con propuestas de futuras líneas de trabajo, y unas recomendaciones finales fruto de los resultados obtenidos.

CAPÍTULO I. Introducción y antecedentes

I

I.1. Envejecimiento poblacional y coste económico del envejecimiento

I.1.1. Envejecimiento poblacional mundial, estatal y autonómico

Según los datos del Instituto de Mayores y Servicios Sociales (IMSERSO) del año 2009 existe una tendencia hacia el envejecimiento de la población, que se da con mayor grado en países desarrollados, haciendo que el grupo de personas de 65 años o más sea del 15.3% en estos países. Existen estudios comparativos internacionales que se citan en este mismo informe (IMSERSO, 2009), que sitúan a España en el cuarto lugar dentro de los países más envejecidos del mundo. Japón encabeza la lista con un 19.7% de población mayor, seguido por Italia (19.7%) y Alemania (18.8%). Según el Instituto Nacional de Estadística (INE), basándose en la revisión del Padrón Municipal de Habitantes a 1 de enero de 2007, el 16.7% de la población española tiene 65 años o más (7,531,826 personas), el 12.1% son mayores jóvenes (65-79 años) y el 4.5% son muy mayores (≥ 80 años). Además, el 27.4% del total de la población mayor vive en hábitats rurales de menos de 2000 habitantes o en hábitats intermedios. En los últimos cinco años, la población mayor ha incrementado un 3.5%, más de 250,000 personas. Para el año 2040, las proyecciones de población española auguran un incremento del envejecimiento con un valor del 27.7% de personas de 65 años o más con respecto al total de la población española. Asimismo, en la Comunidad Autónoma de Cataluña hay 7,210,508 habitantes (16% de población con respecto a España), de los cuales el 16.4% tiene 65 años o más (1,183,628 personas), el 11.8% son mayores jóvenes y el 4.6% son muy mayores (IMSERSO, 2009). Para el año 2040, según *l'Institut Català d'Estadística*, habrá un 26.1% de catalanes de 65 años o más (IDESCAT, 2008).

La esperanza de vida, entendida como el promedio de años que se espera que viva una persona desde el nacimiento hasta su muerte, va aumentando a medida que van pasando los años. Según los datos del INE (2011), la esperanza de vida al nacer de los españoles es de 81.7 años, y se estima que se vea incrementada hasta los 83.9 años en el 2030. El colectivo de personas mayores de España vive en promedio 19.3 años a partir de los 65 años, lo que representa que todavía les queda el 22.9% de vida por delante (IMSERSO, 2009). Pero estos últimos años de la vida no siempre son con

calidad de vida, ya que algunas personas mayores sufren discapacidad en su última etapa de la vida, por lo que la esperanza de vida libre de discapacidad para una persona de 65 años en el año 2005 es de 8.2 años para mujeres y 9.6 años para hombres. Asimismo, en Cataluña, según el IMSERSO (2009), la esperanza de vida al nacer en 2005 de un habitante es de 80.5 años. Dicha esperanza de vida es de 83.8 años para mujeres y de 77.3 años para hombres (ESCA, 2006).

Estos datos relativos al envejecimiento son similares en Cataluña y en España, aproximadamente el 16% de la población son personas mayores, se estima que para el 2040 habrá alrededor del 27% de personas mayores, la esperanza de vida al nacer es de unos 80 años, de los cuales los últimos 6 años son con expectativa de discapacidad. En síntesis, los datos estadísticos demográficos muestran como la población, tanto en España como en Cataluña cada vez está más envejecida. Además, el grupo de personas de 65 o más años cada vez es mayor tanto en valor absoluto como en porcentaje respecto del resto de franjas de edades. Y aunque se vive más años, sigue habiendo unos años con expectativa de discapacidad.

I.1.2. El coste económico del envejecimiento

Existe evidencia que las personas mayores suponen un mayor gasto económico en comparación a los adultos, que se ve influido por un mayor número de visitas médicas (59.1% de los encuestados de ≥ 65 años versus 34.6% de $\geq 25-64$ años afirmaron haber recibido una visita médica en ≤ 4 semanas), una mayor hospitalización (15.1% de los encuestados de ≥ 65 años versus 8.9% de $\geq 25-64$ años informaron haber estado hospitalizados en los últimos 12 meses), y un mayor consumo de medicación (91.6% de los encuestados de ≥ 65 años versus 62.5% de $\geq 25-64$ años afirmaron haberse medicado en ≤ 2 semanas) (INE, 2006).

Los costes ocasionados por una hospitalización tras una caída de una persona mayor suponen un serio problema de salud público por la frecuencia con la que ocurre y por sus consecuencias. Tal y como informaron Huitema et al. (2005), un tercio de las personas mayores que viven independientemente afirman sufrir al menos una caída anual y conlleva consecuencias negativas porque aproximadamente el 20% de estas

caídas requieren atención médica, y al menos el 10% sufren una fractura. Los costes relacionados con dichas caídas representan el 0.85-1.5% de los gastos de atención médica nacional de estudios con origen europeo, oceánico y norte americano incluidos en la revisión sistemática de Heinrich, Rapp, Rissmann, Becker y Konig (2010). De hecho, los costes anuales ocasionados por una caída, según los autores de dicha revisión representan entre 1,596 y 2,073 dólares americanos.

En envejecimiento poblacional explicado en la sección anterior, junto al gasto económico asociado al envejecimiento conforma una problemática social y económica alrededor de las personas mayores. Debido a esta situación, es necesario buscar estrategias que posibiliten la reducción de los efectos negativos del envejecimiento, y consecuentemente su gasto económico.

I.1.3. Reducción del coste económico mediante el ejercicio físico

Una buena estrategia para disminuir el gasto económico asociado a las personas mayores podría ser la prevención o la reducción de los efectos negativos del envejecimiento. McGuire et al. (2001), en su estudio de 30 años de seguimiento, sugirieron que muchos de los efectos negativos asociados al envejecimiento podrían ser evitables o reversibles con el ejercicio físico regular. No obstante, numerosas personas no se pueden beneficiar de los efectos positivos del ejercicio físico porque son físicamente inactivas. Según *l'Enquesta de Salut de Catalunya* (ESCA, 2006), el 23.9% de los catalanes de 15 años o más se declaran sedentarios, a medida que los grupos son de más edad aumenta la proporción de personas que se declaran sedentarias, y un alto porcentaje de la personas mayores de España y Cataluña (35.6% y 39.9% respectivamente) pasa sentada la mayor parte de la jornada según datos del INE y de *l'Enquesta de Salut de Catalunya* (ESCA, 2006; INE, 2006). Así que una buena estrategia para la prevención de los efectos negativos del envejecimiento podría ser el incremento de la práctica regular de ejercicio físico. A nivel gubernamental, existen estrategias que promueven la práctica de ejercicio físico regular tanto a nivel estatal mediante la Estrategia para la Nutrición, Actividad Física y Prevención de la Obesidad (NAOS) como a nivel autonómico catalán mediante el *Pla d'Activitat Física Esport i*

Salut (PAFES), enmarcado en el *Pla integral per la promoció de la salut mitjançant l'Activitat Física i l'alimentació saludable* (PAAS). Dichas iniciativas precisan estudios científicos que demuestran los efectos beneficiosos del ejercicio físico sobre el organismo, como los recogidos en las recomendaciones de reconocidas instituciones como la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2011), la *American College of Sports Medicine* (ACSM) y la *American Heart Association* (AHA) (Nelson, et al., 2007). En esta última publicación, Nelson et al. (2007) informaron que la práctica de ejercicio, además podría reflejar una disminución en el gasto económico al cabo de un año del cambio de hábito mediante el incremento de actividad física. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2006), la ausencia de actividad física cuesta a los países europeos entre 150 y 300 euros por persona al año.

Consecuentemente, podríamos resumir los hechos explicados anteriormente como que la población española y catalana cada vez está más envejecida. Este envejecimiento supone cierto gasto económico que podría reducirse mediante la prevención del deterioro de la salud y la aparición de la mala calidad de vida de las personas mayores. Una buena estrategia para prevenir o tratar los efectos negativos del envejecimiento que repercuten negativamente en la calidad de vida de las personas mayores es el aumento de la práctica de ejercicio físico.

Con el fin de poder abordar la tesis de que mediante el ejercicio físico se podrían disminuir los efectos del envejecimiento, en el presente capítulo vamos a profundizar en dos temáticas principalmente: los efectos del envejecimiento sobre el organismo (ver secciones I.2-I.5) y los efectos del ejercicio sobre los deterioros producidos por el envejecimiento (ver secciones I.6-I.9).

I.2. El envejecimiento en las personas

A continuación vamos a exponer los efectos que produce el envejecimiento en el cuerpo humano, inicialmente en el global del organismo, donde se incluirá su relación con enfermedades (ver secciones I.2.1-I.2.2). En las siguientes secciones expondremos los efectos del envejecimiento sobre la funcionalidad física, valorada mediante la

marcha (ver sección I.3), así como algunos de sus factores motrices subyacentes, como la fuerza muscular (ver sección I.4) y el equilibrio (ver sección I.5).

I.2.1. El envejecimiento global en las personas

Es probable que una combinación genética y de estilos de vida contribuya a que cada persona envejezca de forma distinta (Chodzko-Zajko, et al., 2009), pero inevitablemente, el colectivo de personas mayores experimentan cambios asociados al envejecimiento. Estos cambios afectan a los distintos componentes que conforman el cuerpo humano (sistemas, órganos, tejidos, células) produciendo alteraciones funcionales. Además de las deficiencias de los sistemas fisiológicos, se produce un deterioro de aspectos físicos y neuro-cognitivos que afectan a la motricidad y pueden modificar la locomoción y capacidades motrices como, la fuerza o el equilibrio.

Algunos de los cambios asociados al envejecimiento son detallados en diversas revisiones bibliográficas (Bean, Vora, & Frontera, 2004; Howe, Rochester, Jackson, Banks, & Blair, 2007) o en capítulos de libros (Shepard, 1997).

Respecto a la relación entre el envejecimiento y los aspectos fisiológicos, en la literatura revisada hemos encontrado modificaciones en el sistema cardiovascular, el sistema respiratorio y las funciones viscerales. En la revisión de Heckman y McKelvie (2008), los autores explicaron que el envejecimiento produce cambios en las arterias, que presentan un engrosamiento de la pared arterial y una pérdida de elasticidad, sobretodo en la arteria aorta. Dichos cambios conllevan una disminución de la capacidad de amortiguar las pulsaciones cardíacas y se produce una hipertrofia del ventrículo izquierdo, una disminución de la perfusión coronaria, un incremento de la presión arterial, una disminución de la frecuencia cardíaca y una disminución del gasto cardíaco. En esta revisión, los autores afirmaron que estos cambios junto con la pérdida de masa muscular favorecen la disminución de la capacidad aeróbica máxima (VO_2max), que disminuye aproximadamente un 10% cada década. Aunque, cabe destacar que hasta el 50% de este decremento se puede asociar a la combinación del envejecimiento con el sedentarismo (Heckman & McKelvie, 2008). Con el envejecimiento también se producen modificaciones en el sistema respiratorio, como

el incremento en la demanda ventilatoria, pero parece que en general la función respiratoria se mantiene adecuada para las necesidades de las personas mayores (Shepard, 1997). Algunas funciones viscerales, como las del tracto intestinal, las del hígado o de los riñones también se ven alteradas por el envejecimiento, y tienen implicaciones en la reserva de energía, en la síntesis de tejido magro y en el mantenimiento del fluido y el equilibrio nutricional mientras se realiza ejercicio físico (Shepard, 1997).

En cuanto a la relación entre el envejecimiento y los aspectos físicos, en la literatura revisada hemos encontrado cambios en la composición corporal, en el sistema óseo, en el sistema articular y en el sistema muscular. Algunos de los cambios del envejecimiento sobre la constitución y la composición corporal son la disminución de la estatura corporal, la modificación del índice de masa corporal o la zona de acumulación de grasa. La disminución de la estatura se da principalmente por la hipercurvatura dorsal y por la compresión de los discos intervertebrales (Shepard, 1997), y los cambios en la composición corporal podrían tener relación con la disminución en la producción de algunas hormonas como las del crecimiento, la del factor de crecimiento insulínico tipo 1 (IGF-1), o las sexuales (Bean, et al., 2004; Dorrens & Rennie, 2003). Además, en las personas mayores se puede dar una progresiva pérdida de masa ósea (Bean, et al., 2004) tanto del hueso compacto como del hueso reticulado, debido a la falta de elementos químicos (Magnesio, Boro) o de vitaminas (C, D), lo que hace que se vuelvan más vulnerables a fracturas (Shepard, 1997). A nivel articular, con el envejecimiento se da un empeoramiento del rango de movilidad articular (Howe, et al., 2007) limitando posibilidades de movimiento y cambiando patrones de los mismos. Y a nivel muscular se produce una pérdida de masa muscular asociada principalmente a la reducción de las fibras musculares (Deschenes, 2004), que dependen en gran parte de la síntesis de proteínas.

Respecto a la relación entre el envejecimiento y los aspectos neuro-cognitivos, en la literatura revisada hemos encontrado modificaciones en la memoria, la capacidad de aprendizaje y en la atención. El deterioro cognitivo asociado al envejecimiento podría ser tanto por la pérdida de fibras nerviosas, que producen una disminución en las conexiones entre las neuronas como por los cambios en las fibras nerviosas y sus

neurotransmisores. Además, con el envejecimiento algunas vainas de mielina presentan cambios degenerativos que conducen al deterioro cognitivo porque producen cambios en la velocidad de conducción ocasionando una interrupción en el tiempo normal de los circuitos neuronales (Peters, 2002).

La combinación de los efectos que produce el envejecimiento sobre los aspectos fisiológicos, físicos y neuro-cognitivos puede afectar a la motricidad de las personas mayores e incidir negativamente en su autonomía física. Para que una persona mayor realice con normalidad las actividades de la vida diaria necesita mantener una correcta movilidad, entendida como desplazamientos y transferencias como por ejemplo atravesar una habitación caminando o acostarse. La marcha es considerada una de las habilidades motrices básicas más necesarias para las personas mayores, porque permite la movilidad para mantener la funcionalidad física, poder desarrollar actividades cotidianas y relacionarse. Motivo por el que en numerosos estudios analizan los efectos del envejecimiento sobre la marcha, así como los efectos del envejecimiento sobre capacidades motrices relacionadas con la marcha, como la fuerza muscular y el equilibrio. De hecho, la habilidad de caminar, la fuerza muscular y el equilibrio en bipedestación pseudo-estática son considerados componentes clave en el rendimiento físico de las personas mayores (Nagasaki, Itoh, & Furuna, 1995; Ringsberg, Gerdhem, Johansson, & Obrant, 1999). En secciones sucesivas (ver secciones 1.3-1.5) detallaremos los efectos que produce el envejecimiento en dichos componentes clave.

1.2.2. El envejecimiento y las enfermedades

Además de los efectos explicados previamente que produce el envejecimiento sobre el organismo, el riesgo relativo de desarrollar muchas enfermedades crónicas como diabetes mellitus tipo 2, enfermedades cardiovasculares, obesidad y ciertos tipos de cáncer se incrementa con la edad (Chodzko-Zajko, et al., 2009). En la revisión de Bean et al. (2004), los autores explicaron que la mayor prevalencia de enfermedades en las personas mayores son artritis, enfermedades cardiovasculares incluyendo la hipertensión arterial y las cardiopatías, diabetes mellitus y enfermedades respiratorias.

Dichas enfermedades son consideradas como las principales causas de discapacidad, hospitalización y muerte en la población de personas mayores (Bean, et al., 2004). Además, en las personas mayores es donde se encuentra la mayor prevalencia de enfermedades relacionadas con el sistema músculo-esquelético, como la osteoporosis, la artritis o la sarcopenia (Chodzko-Zajko, et al., 2009); así como trastornos neurodegenerativos como la demencia de múltiples etiologías como la enfermedad de Alzheimer (Blankevoort, et al., 2010; Vogel, et al., 2009).

A pesar de la alta probabilidad de desarrollar una enfermedad crónica con la edad que podría afectar negativamente a la funcionalidad física, muchas personas mayores viven años bajo los efectos del envejecimiento sin enfermedad. Por ello, y dado que la marcha, la fuerza muscular y el equilibrio son componentes clave en el rendimiento físico de las personas mayores, esta tesis se focaliza fundamentalmente en los efectos del envejecimiento (ver secciones I.3-I.5) y del ejercicio (ver secciones I.6-I.9) sobre dichos aspectos en personas mayores sanas.

I.3. El envejecimiento y la marcha

I.3.1. Introducción al envejecimiento y la marcha

En la literatura científica está bien documentado que la marcha es un indicador de funcionalidad física y de invalidez (Cress, et al., 1995; Kelly-Hayes, Jette, Wolf, D'Agostino, & Odell, 1992; Laukkanen, Leskinen, Kauppinen, Sakari-Rantala, & Heikkinen, 2000; Shinkai, et al., 2000; Washburn, Smith, Jette, & Janney, 1993), e incluso de supervivencia (Cesari, et al., 2009; Studenski, et al., 2011). Una baja velocidad de marcha, junto con otros criterios como la pérdida de peso involuntaria, la debilidad muscular o el bajo nivel de actividad física, se puede utilizar para detectar la fragilidad de las personas mayores, entendida como un síndrome clínico en el ámbito médico (Fried, et al., 2001). Es común analizar la velocidad de marcha en estudios con personas mayores para valorar la funcionalidad física porque independientemente del método de medición es muy fiable en personas sin impedimentos conocidos. Además, hemos encontrado amplia evidencia científica de la relación entre la velocidad de marcha y la fuerza muscular y el equilibrio (Bohannon, 1997a; Chang, Dunlop, Gibbs, &

Hughes, 1995; Hernandez, Silder, Heiderscheit, & Thelen, 2009; Ringsberg, et al., 1999). A lo largo de la tesis, consideraremos el término de funcionalidad física bajo esta perspectiva, que puede ser valorada mediante la velocidad de marcha. A continuación expondremos los efectos que produce el envejecimiento sobre la marcha, profundizaremos concretamente en la velocidad de la marcha, detallaremos sus valores de referencia y expondremos su relación con la fuerza y el equilibrio.

I.3.2. Efectos del envejecimiento sobre la marcha

Con el envejecimiento se producen modificaciones en distintos parámetros de la marcha, como la disminución de la velocidad, la longitud de zancada, la cadencia y la fase de balanceo así como el aumento de la duración del doble apoyo (Laufer, 2005; Shkuratova, Morris, & Huxham, 2004). En la literatura hemos encontrado publicaciones focalizadas en los efectos del envejecimiento sobre el patrón de marcha (Shkuratova, et al., 2004) y sobre la velocidad de marcha (Bohannon, 1997a; Lopopolo, Greco, Sullivan, Craik, & Mangione, 2006).

El patrón de marcha, entendido como la serie de movimientos corporales que tienen en común elementos de configuración espacial durante el desplazamiento, es similar en personas mayores sanas y en adultos cuando se da en línea recta a la velocidad de marcha preferida (Hernandez, et al., 2009). Sin embargo, en la máxima velocidad de marcha, las personas mayores no pueden lograr los mismos incrementos ni en la velocidad ni en la longitud de zancada en comparación a los aumentos obtenidos por los adultos (Shkuratova, et al., 2004). Cuando la marcha se realiza simultáneamente a otra tarea (tarea doble), tanto adultos como mayores modifican el patrón de marcha, produciéndose cambios en la cadencia (Shkuratova, et al., 2004), la longitud de zancada (Gabell & Nayak, 1984; Shkuratova, et al., 2004) o la duración del doble apoyo (Gabell & Nayak, 1984).

La velocidad de marcha puede ser valorada como la velocidad de marcha preferida, entendida como la velocidad a la que cada participante se siente confortable durante el desplazamiento; o como la máxima velocidad de marcha, entendida como la máxima velocidad que puede asumir el participante de forma segura sin correr, y puede ir

acompañada por consignas como “camine tan rápido como pueda con seguridad” (Steffen, Hacker, & Mollinger, 2002).

A continuación vamos a profundizar en los efectos del envejecimiento sobre la velocidad de marcha (ver sección I.3.3) y los valores de referencia que hemos encontrado en la literatura consultada (ver sección I.3.4).

I.3.3. Efectos del envejecimiento sobre la velocidad de marcha

Tanto la máxima velocidad de marcha como la velocidad de marcha preferida son mediciones utilizadas habitualmente en la población de personas mayores que residen en su domicilio habitual en la comunidad (en su domicilio familiar) por tratarse de los mejores predictores de la aparición de la dependencia funcional, tanto en mayores jóvenes (65-74 años) como en muy mayores (≥ 75 años) (Shinkai, et al., 2000). La disminución de la velocidad de marcha está relacionada con la edad y con aspectos menos físicos como el miedo a las caídas (Shkuratova, et al., 2004), motivos por los que con el envejecimiento se enlentece la marcha, en parte para hacerla más segura y estable.

En una reciente publicación de Studenski et al. (2011) los autores afirmaron que en personas de 65 años o más, la velocidad de marcha preferida está asociada a la mortalidad. Estos autores reportaron que el valor predictivo de su modelo que incluyó únicamente velocidad de marcha, edad y sexo es muy similar a modelos más complejos con múltiples datos clínicos como la prevalencia de enfermedades, el índice de masa corporal, la presión arterial o el historial de hospitalizaciones. Según Studenski et al. (2011), las personas de 65 años o más que tuvieron una velocidad de marcha inferior a 0.8 m/s tuvieron menor esperanza de vida, mientras que velocidades de marcha de 1.0 m/s o superiores mostraron una mayor esperanza de vida tanto en mujeres como en hombres y a cualquier edad a partir de los 65 años.

I.3.4. Valoración y valores de referencia de la marcha en personas mayores

La velocidad de la marcha se suele medir en distancias relativamente cortas para que no se vea influenciada por la resistencia cardiovascular, y se valora como el promedio de velocidad en un determinado recorrido en línea recta como en el estudio de Steffen et al. (2002). La medición puede ser mediante células fotoeléctricas situadas en dos puntos del recorrido o mediante un cronómetro manual, que es un método fácil y económico. Independientemente del método de medición, la valoración de la velocidad de marcha se considera altamente fiable (>.90) tanto en la máxima velocidad de marcha como en la velocidad preferida de marcha en las personas mayores (Bohannon, 1997a).

La pérdida de velocidad de marcha en las personas mayores es mucho mayor que en los adultos, ya que hasta los 62 años, se pierde entre un 1 y un 2% de velocidad de marcha preferida por década, mientras que a partir de los 63 años se pierde una media de 12.4% en mujeres y 16.1% en hombres por década (Himann, Cunningham, Rechnitzer, & Paterson, 1988). Se pueden considerar como valores de referencia de velocidad de marcha los obtenidos en los estudios de Bohannon (1997a) y de Lusardi, Pellecchia y Schulman (2003), en los que los autores evaluaron la máxima velocidad de marcha y la velocidad de marcha preferida de los participantes. En el estudio de Bohannon (1997a), el autor evaluó a 230 personas sanas de entre 20 y 79 años, y en el estudio de Lusardi et al. (2003) los autores evaluaron a 76 personas mayores con edades comprendidas entre los 66 y los 101 años de edad (ver Tabla I-1).

Las personas de 60 o más años presentan valores de velocidad de marcha preferida de 0.71-1.36 m/s y de máxima velocidad de marcha de 1.05-1.93 m/s (Bohannon, 1997a; Lusardi, et al., 2003). Dichos valores son inferiores a los que muestran los adultos (Bohannon, 1997a), que dependiendo del estudio supone una reducción de entre el 5% y el 29% de la máxima velocidad de marcha (Steffen, et al., 2002).

Tabla I-1. Valores de referencia de máxima velocidad de marcha y velocidad de marcha preferida por sexo y década de edad

Edad (años)	Máxima velocidad de marcha		Velocidad de marcha preferida	
	Mujeres	Hombres	Mujeres	Hombres
20-29	2.47 ± 0.25	2.53 ± 0.29	1.41 ± 0.18	1.39 ± 0.15
30-39	2.34 ± 0.34	2.46 ± 0.32	1.42 ± 0.13	1.46 ± 0.09
40-49	2.12 ± 0.28	2.46 ± 0.36	1.39 ± 0.16	1.46 ± 0.16
50-59	2.01 ± 0.26	2.07 ± 0.45	1.40 ± 0.15	1.39 ± 0.23
60-69	1.77 ± 0.25	1.93 ± 0.36	1.30 ± 0.21	1.36 ± 0.21
70-79	1.75 ± 0.28	2.08 ± 0.36	1.27 ± 0.21	1.33 ± 0.20
80-89	1.20 ± 0.29	1.29 ± 0.38	0.80 ± 0.20	0.88 ± 0.24
90-101	1.05 ± 0.32	1.27 ± 0.13	0.71 ± 0.23	0.72 ± 0.14

Nota. Los valores son la media ± desviación estándar (m/s). Adaptado de Bohannon (1997a) y Lusardi et al. (2003).

I.3.5. Relación de la marcha con la fuerza y el equilibrio

Aunque las modificaciones que se producen en la velocidad de la marcha con el envejecimiento han sido bien documentadas, los factores que subyacen a estos cambios no están entendidos del todo. No obstante hay autores que proponen mecanismos que incluyen tanto la disminución de fuerza muscular como las dificultades para mantener el equilibrio entre otros (Hernandez, et al., 2009).

Existe una alta relación entre la fuerza muscular de piernas (Ringsberg, et al., 1999) y la velocidad de marcha, en concreto con la fuerza de extensión de rodilla tanto de la pierna dominante como de la no dominante (Bohannon, 1997a; Chang, et al., 1995). Por lo tanto, se espera que la velocidad de marcha sea inferior en personas mayores con una menor fuerza muscular en la extremidad inferior (Bohannon, 1997a). Por lo que respecta al equilibrio mientras se camina, tanto en adultos como en personas mayores, la velocidad de la marcha se ajusta en función del tipo de demanda de equilibrio que se requiera, como por ejemplo caminar en línea recta, realizar una carga cognitiva simultánea (tarea doble) o hacer cambios de sentido (Shkuratova, et al., 2004). Hay estudios que informaron que las personas que presentan mejores valores

de equilibrio, son las que tienen mayor valor de máxima velocidad de marcha (Ringsberg, et al., 1999). No obstante, no hemos encontrado tanta evidencia de la relación entre el equilibrio y la marcha como entre la fuerza y la marcha.

En otros estudios, se analizó no únicamente la relación entre la velocidad de marcha y la fuerza y/o el equilibrio, sino que buscaron modelos de predicción de la velocidad de marcha. Por un lado hemos revisado varios estudios en los cuales los autores informaron de un modelo de predicción de velocidad de marcha que incluía mediciones de fuerza muscular junto con otras variables generales (como el nivel de actividad física, la talla, el peso, la edad o el sexo) (Bean, et al., 2002; Bendall, Bassey, & Pearson, 1989; Bohannon, 2008; Buchner, Cress, et al., 1996; Buchner, Larson, Wagner, Koepsell, & de Lateur, 1996; Herman, et al., 2005; Lord, Lloyd, & Li, 1996). Algunos de los autores de estos modelos apuntaron que, en concreto, la máxima fuerza de extensores de rodilla predecía parte de la variabilidad de la velocidad de marcha (Bohannon, 2008; Buchner, Cress, et al., 1996; Callisaya, et al., 2009; Kline Mangione, Craik, Lopopolo, Tomlinson, & Brenneman, 2008). Por otro lado, los autores de dos estudios informaron de modelos de predicción de la velocidad de marcha los cuales incluían, además de la fuerza muscular, el equilibrio (Callisaya, et al., 2009; Kline Mangione, et al., 2008). Callisaya et al. (2009) realizaron su estudio con 278 participantes de 60-86 años de edad residentes en su domicilio en la comunidad y que podían caminar de forma autónoma. Dichos autores encontraron un modelo de predicción que explicaba el 39% de la velocidad de marcha preferida que incluía la fuerza de cuádriceps, el equilibrio y el tiempo de reacción. Por otro lado, Kline Mangione et al. (2008) realizaron un estudio con 42 participantes de 79 ± 7.5 años de edad que habían sufrido aproximadamente 18 semanas antes una fractura de cadera. Los autores de este estudio informaron de un modelo formado por la fuerza de piernas, el estado de salud auto-percibido y el equilibrio que predecía el 72% de la variabilidad de la velocidad de marcha preferida.

En conclusión, la máxima velocidad de marcha está relacionada tanto con la fuerza muscular como con el equilibrio, e incluso ambos factores pueden ser predictores de la velocidad de marcha. Además, parece que la relación de la fuerza con la velocidad de marcha es más clara que la relación del equilibrio con la velocidad de marcha, y hemos

encontrado más estudios que informan que la fuerza es mayor predictor de la velocidad de marcha que el equilibrio. Por otro lado, la relación entre la fuerza muscular y el control postural en personas mayores no está tan clara y pueden considerarse variables independientes (Pizzigalli, Filippini, Ahmaidi, Jullien, & Rainoldi, 2011). Dada la relevancia de la fuerza muscular y el equilibrio en tareas relacionadas con la marcha, vale la pena profundizar más en estos aspectos. A continuación explicaremos con más detalle las repercusiones del envejecimiento sobre estos dos factores relacionados con la velocidad de marcha: la fuerza muscular (ver sección I.4) y el equilibrio (ver sección I.5).

I.4. El envejecimiento y la fuerza muscular

I.4.1. Introducción al envejecimiento y la fuerza muscular

Está bien documentado como el envejecimiento produce efectos negativos sobre distintos parámetros entorno al músculo, como son la masa muscular (músculo en global, fibra muscular, composición según el tipo de fibra), los mecanismos neurofisiológicos y la función muscular en sí (fuerza máxima, potencia, resistencia muscular). A continuación explicaremos los efectos del envejecimiento sobre el músculo (ver sección I.4.2) y sobre sus manifestaciones funcionales (ver sección I.4.3), y más adelante se presentaremos los valores de referencia de fuerza muscular (ver sección I.4.4).

I.4.2. Efectos del envejecimiento sobre el músculo

Con el envejecimiento se producen alteraciones que pueden hacer que disminuya la fuerza muscular de las personas mayores, entre los que encontramos la pérdida de masa muscular. Esta pérdida de masa muscular se puede acelerar con la reducción del número de unidades motoras en funcionamiento (Lexell, 1995), y según autores revisados por Dorrens y Rennie (2003) se puede agravar con algunas enfermedades crónicas, con una nutrición inadecuada, con la disminución de la síntesis de la proteína muscular, con cambios hormonales o con la inactividad física.

Hay autores de varias revisiones bibliográficas (Deschenes, 2004; Dorrens & Rennie, 2003; Lexell, 1995), que apuntan que la causa de la disminución de la masa muscular asociada al envejecimiento es la reducción de las fibras musculares, tanto en número como en tamaño. La reducción en el número de fibras se produce proporcionalmente en fibras de contracción rápida y en fibras de contracción lenta, mientras que la reducción en el tamaño de las fibras es más pronunciada en las fibras de contracción rápida que en las de contracción lenta. La disminución de la masa muscular comienza alrededor de los 25 años de edad, va disminuyendo ligeramente hasta los 50 años entorno un 10%, y entre los 50 y los 80 años se da un decremento adicional del 30% de masa muscular; motivo por el cual a los 80 años se habrá perdido un 40% de masa muscular en comparación a los 25 años (Lexell, Taylor, & Sjostrom, 1988). Al centrarnos en las personas mayores, la pérdida de masa muscular se produce con una tasa del 1.4% anual en personas mayores según los autores de un estudio longitudinal de 12 años de seguimiento (Frontera, et al., 2000).

Los cambios en la masa muscular y el tipo de fibra muscular han sido más estudiados en hombres que en mujeres. Las mujeres, en general tienen menos masa muscular que los hombres, pero parece que los efectos del envejecimiento sobre la masa muscular se da de forma similar en ambos sexos (Lexell, 1995).

Con los cambios que se producen en el músculo durante el envejecimiento, la función muscular se puede ver afectada y puede reducir la fuerza muscular en las personas mayores, que acontece de forma paralela a la pérdida de masa muscular (Frontera, et al., 2000; Lexell, 1995). Parece ser que la manifestación funcional del músculo, y no la masa muscular, es la que está asociada al rendimiento de las extremidades inferiores (Lauretani, et al., 2003) y por este motivo numerosos estudios valoran la fuerza muscular en personas mayores. A continuación detallaremos lo efectos del envejecimiento sobre las manifestaciones funcionales del músculo.

I.4.3. Efectos del envejecimiento sobre las manifestaciones funcionales del músculo

El envejecimiento produce conocidos efectos sobre distintos parámetros de la función muscular, como la fuerza muscular en general, o en concreto sobre la potencia muscular, la fuerza resistencia o la fuerza máxima. También produce efectos en los distintos tipos de contracción muscular (i.e. concéntrica, excéntrica, isométrica, isocinética) (Frontera, et al., 2000; Lauretani, et al., 2003; Spirduso, Francis, & MacRae, 1995), no obstante, la fuerza de contracción excéntrica es la más resistente a los cambios adversos del envejecimiento (Deschenes, 2004).

Deschenes (2004), en su revisión sobre los efectos del envejecimiento en el músculo explicó como la fuerza muscular en general llega a su pico máximo alrededor de los 30 años, y se puede mantener hasta los 50. Entre los 50 y los 60 años comienza la disminución de la fuerza, que es de aproximadamente un 15% por década. En personas mayores, se detectaron reducciones de fuerza muscular de entre 2.5% y 5.0% anual. Aunque la pérdida de fuerza muscular producida por el envejecimiento no tiene porqué producirse de forma similar en todos los grupos musculares del cuerpo (Piiirainen, Avela, Sippola, & Linnamo, 2010), se da tanto en musculatura de extremidades inferiores como en musculatura de extremidades superiores (Andrews, Thomas, & Bohannon, 1996; Bohannon, 1997b; Danneskiold-Samsøe, et al., 2009). Además, el declive de fuerza muscular se produce en ambos sexos (Andrews, et al., 1996; Bohannon, 1997b; Danneskiold-Samsøe, et al., 2009); y en mujeres coincide con la menopausia, en la década de los 50 (Danneskiold-Samsøe, et al., 2009).

La pérdida de potencia muscular comienza antes que la de fuerza muscular en general, a partir de los 40 años y disminuye más rápidamente que otros tipos de fuerza, como la fuerza máxima (Izquierdo, et al., 1999; Metter, Conwit, Tobin, & Fozard, 1997). Hay autores de la revisión de Deschenes (2004) que atribuyen esta pérdida de potencia muscular a la pérdida de masa muscular y otros la atribuyen al menor número de unidades motoras de contracción rápida. En dicha revisión, el autor explicó que existe controversia sobre los efectos del envejecimiento en otro tipo de manifestación de la fuerza: la resistencia muscular, ya que hay estudios que informan que disminuye con la

edad y otros no han encontrado diferencias entre personas mayores y adultos (Deschenes, 2004).

Respecto a la fuerza máxima, con el envejecimiento se producen déficits que afectan a la propiedad contráctil del músculo. Se trata de la disminución de la capacidad de producir una máxima contracción isométrica, del incremento del tiempo que se tarda en generar esa contracción, de la disminución de la velocidad hasta la contracción máxima, de la disminución de su capacidad de relajarse y de la disminución de su habilidad para mantener la contracción (Deschenes, 2004). Está ampliamente referenciado como el envejecimiento empeora la fuerza máxima de ambas extremidades, como por ejemplo de extensores de rodilla (Piirainen, et al., 2010) y de prensión de mano (Luna-Heredia, Martin-Pena, & Ruiz-Galiana, 2005; Schlüssel, dos Anjos, de Vasconcellos, & Kac, 2008).

El conocimiento del estado de algunos grupos musculares en personas mayores tiene una especial implicación clínica y social. Ello es debido a que la fuerza de la musculatura de la rodilla es un predictor de dependencia y supervivencia (Bean, et al., 2004) y la fuerza de prensión de mano es un predictor de discapacidad de la marcha (Rantanen, et al., 1999). Motivo por los cuales es habitual encontrar valoraciones de la fuerza máxima de contracción voluntaria tanto de extensores de rodilla (Bohannon, 2008; Buchner, Cress, et al., 1996; Piirainen, et al., 2010) como de prensión de mano (Luna-Heredia, et al., 2005; Schlüssel, et al., 2008). Dada la importancia de la fuerza de extensores de rodilla y de prensión de mano en personas mayores, en esta tesis nos centraremos en ambos grupos musculares a lo largo del manuscrito.

En el caso concreto de la fuerza de extensores de rodilla, al discriminar por sexo, los hombres presentan mayor fuerza que las mujeres (Andrews, et al., 1996; Bellew, Yates, & Gater, 2003; Bohannon, 1997b; Danneskiold-Samsøe, et al., 2009). Igual que el envejecimiento produce un empeoramiento de la fuerza general, también empeora la fuerza máxima isométrica de extensores de rodilla (Andrews, et al., 1996; Bohannon, 1997b; Danneskiold-Samsøe, et al., 2009). No obstante, cuando los autores de diversos estudios analizaron los efectos del envejecimiento únicamente en personas de 60 años o más encontraron cierta controversia (Andrews, et al., 1996; Bohannon, 1997b; Danneskiold-Samsøe, et al., 2009). Andrews et al. (1996) no encontraron

disminución de fuerza de extensores de rodilla estadísticamente significativa con el envejecimiento al comparar personas mayores jóvenes con personas muy mayores. Bohannon (1997b) tampoco encontró cambio de fuerza con el envejecimiento en el grupo de hombres de su estudio, pero sí en el grupo de mujeres. En contraposición, Danneskiold-Samsøe et al. (2009) encontraron que la fuerza empeoraba en ambos sexos con la edad al comparar mayores jóvenes y muy mayores.

En el caso concreto de la fuerza de prensión de mano, en el meta-análisis de Beenakker et al. (2010) encontraron que la media de fuerza de prensión de mano empeora con el envejecimiento entre los 25 y los 95 años de edad. Dicho empeoramiento es distinto por sexos, las mujeres pasan de 27.1 Kg a 12.8 Kg frente a los hombres que pasan de 45.5 Kg a 23.2 Kg. Danneskiold-Samsøe et al. (2009) informaron que en los hombres que participaron en su estudio de entre 20 y 79 años de edad, la fuerza de prensión de mano permanecía constante hasta los 50 años, y a partir de dicha edad empezaba un declive de manera lineal con la edad. Este hallazgo va en la línea del encontrado por Beenakker et al. (2010), que informaron de un declive más pronunciado de fuerza de prensión de mano después de los 50 años de edad (un ratio de 0.37Kg/año).

En síntesis, la fuerza muscular disminuye con el envejecimiento, tanto en general como en sus distintas manifestaciones y tipos de contracciones, incluyendo la fuerza isométrica. En las personas mayores adquiere un especial interés la valoración de la fuerza de grupos musculares de especial implicación clínica y social como extensores de rodilla y prensores de mano. Además, la fuerza es superior en hombres que en mujeres, pero el declive por el envejecimiento se produce en ambos sexos proporcionalmente. Al centrarnos en personas mayores, existe cierta controversia acerca de si el envejecimiento también produce un declive de fuerza en muy mayores frente a mayores jóvenes.

I.4.4. Valoración y valores de referencia de la fuerza muscular en personas mayores

La valoración de la fuerza muscular en personas mayores se puede realizar mediante distintos métodos como el uso del dinamómetro como instrumento (Bohannon, 1997b; Ribom, Mellstrom, Ljunggren, & Karlsson, 2010; Sipila, Multanen, Kallinen, Era, & Suominen, 1996) o el cálculo de la 1RM, que consiste en el peso máximo que es capaz de mover el participante una sola vez (Protas & Tissier, 2009; Rooks, Kiel, Parsons, & Hayes, 1997; Serra-Rexach, et al., 2011; Sousa & Sampaio, 2005). Los protocolos de medición pueden ser muy distintos en función del tipo de manifestación de la fuerza, del tipo de contracción muscular o de la localización de la musculatura que se quiera valorar. La fuerza muscular de extremidad inferior se puede valorar mediante la fuerza de extensores de rodilla, y se puede medir con tests de máxima contracción voluntaria isométrica (Bellew, et al., 2003; Danneskiold-Samsøe, et al., 2009; Sipila, et al., 1996) o mediante tests isocinéticos (Buchner, et al., 1997; Danneskiold-Samsøe, et al., 2009). Estos dos tipos de metodologías en función del tipo de contracción muscular (i.e. isométrica e isocinética) se utilizan indistintamente en estudios con personas mayores debido a la fuerte correlación que presentan las valoraciones (.72-.85) (Reed, et al., 1993). Por otro lado, la fuerza muscular de extremidad superior en personas mayores se suele valorar mediante un test de fuerza máxima voluntaria de prensión de mano (Cress, et al., 1999; Luna-Heredia, et al., 2005; Ribom, et al., 2010; Rooks, et al., 1997; Serra-Rexach, et al., 2011). La variable que se obtiene en la medición de fuerza de la extremidad inferior se puede expresar en Newtons (N) o en Newtons en relación a la unidad temporal (N/s), también puede expresarse en Newtons metro (Nm) cuando se trata del momento de fuerza; mientras que en los tests de prensión de mano se suele expresar en Kilogramos de fuerza (Kg). Asimismo, debido a la relación existente entre la fuerza muscular y la masa corporal, además se pueden presentar los datos normalizados por masa corporal (N/N: % ó Nm/Kg·100: %).

Existe amplia evidencia de los valores de referencia de fuerza muscular en todas las franjas de edad, incluyendo las personas mayores. Hay estudios que valoran la fuerza muscular entorno a movimientos de las distintas articulaciones: hombro (flexión,

extensión, abducción, supinación y pronación), codo (flexión y extensión), muñeca (extensión), cadera (flexión y abducción), rodilla (flexión y extensión) y tobillo (dorsi-flexión) (Andrews, et al., 1996; Bohannon, 1997b; Danneskiold-Samsøe, et al., 2009) . También hay estudios que valoran de forma específica la fuerza muscular de prensión de mano (Budziareck, Pureza Duarte, & Barbosa-Silva, 2008; Luna-Heredia, et al., 2005; Ribom, et al., 2010; Schlusser, et al., 2008). A continuación presentaremos los valores de referencia de fuerza de extensores de rodilla (ver Tabla I-2) y de fuerza de prensión de mano (ver Tabla I-3). Tanto en el estudio de Andrews et al. (1996) como en el de Bohannon (1997b) los autores reportaron los valores de referencia de fuerza isométrica de extensores de rodilla agrupados por franjas de edades, sexo y dominante/no-dominante. Los autores incluyeron las franjas de edad de 60-69 y 70-79 años, en las que los resultados de valores de fuerza obtenidos son comparables en ambos estudios. En un estudio más reciente, Danneskiold-Samsøe, et al. (2009) informaron de los valores de referencia de la máxima fuerza isométrica de extensores de rodilla de la pierna dominante, estando ésta flexionada a 65°, agrupados por franjas de edad y sexo (ver Tabla I-2).

Tabla I-2. Fuerza de extensores de rodilla en pierna dominante por autor, edad y sexo

Edad (años)	Danneskiold- Samsøe (N=443)	Bohannon (N=231)		Andrews (N=156)	
	Fuerza (Nm)	Fuerza (N)	Fuerza/Masa (%)	Fuerza (N)	Fuerza/Masa (%)
Mujeres					
20-29	160.0 ± 26.4	467.3 ± 88.8	80.8 ± 12.3	- -	- -
30-39	157.0 ± 41.9	408.3 ± 128.8	63.3 ± 15.5	- -	- -
40-49	145.0 ± 28.2	380.6 ± 86.5	62.6 ± 14.3	- -	- -
50-59	129.0 ± 30.4	334.7 ± 75.8	53.7 ± 12.8	298.0 ± 86.5	44.2 ± 12.4
60-69	115.0 ± 25.6	273.6 ± 80.0	44.6 ± 13.6	257.2 ± 51.2	39.9 ± 8.0
70-79	96.6 ± 20.4	210.1 ± 45.6	36.6 ± 8.8	225.6 ± 47.4	38.0 ± 7.2
Hombres					
20-29	242.0 ± 55.8	575.2 ± 92.3	73.7 ± 15.3	- -	- -
30-39	236.0 ± 43.8	572.9 ± 76.5	73.6 ± 11.0	- -	- -
40-49	224.0 ± 50.8	583.0 ± 73.7	69.8 ± 9.4	- -	- -
50-59	198.0 ± 37.4	470.9 ± 92.3	55.7 ± 11.1	447.5 ± 66.8	53.9 ± 8.4
60-69	185.0 ± 29.0	386.0 ± 94.3	48.9 ± 12.4	362.5 ± 71.8	47.4 ± 8.5
70-79	159.0 ± 40.6	360.3 ± 72.6	47.7 ± 8.4	357.1 ± 80.4	48.2 ± 10.2

Nota. Los valores son la media ± desviación estándar. Adaptado de Danneskiold-Samsøe et al. (2009), Bohannon (1997b) y Andrews et al. (1996). Danneskiold-Samsøe presentó datos de momento de fuerza, Bohannon y Andrews presentamos datos de fuerza y fuerza normalizada por masa corporal de cada participante.

Los estudios de Luna-Heredia et al. (2005) y de Schlüssel et al. (2008) mostraron los valores de referencia de la máxima fuerza voluntaria de prensión de mano para todo el rango de edades de personas adultas sanas. El primer estudio valoró a 517 españoles de entre 17 y 97 años de edad, e informaron que el promedio de fuerza de la mano dominante en mujeres es 16.2 ± 3.9 Kg y en hombres 24.5 ± 6.5 Kg (Luna-Heredia, et al., 2005). El segundo estudio valoró a 3050 personas de 20 años o más (Schlüssel, et al., 2008). Los resultados de fuerza de prensión de mano de ambos estudios estratificados por sexo y edad se pueden consultar en la Tabla I-3. Además, otros estudios presentaron valores de máxima fuerza voluntaria de prensión de mano focalizados en personas de 60 años o más (Budziareck, et al., 2008; Ribom, et al., 2010). Budziareck et al. (2008) encontraron que las mujeres mayores tenían 19.1 ± 5.18 Kg de fuerza de prensión de mano, y los hombres 31.3 ± 7.95 Kg, mientras que Ribom et al. (2010) encontraron que la fuerza de prensión de mano de los 3014 hombres de 70-80 años de su estudio fue de 41.0 ± 8.0 Kg.

Tabla I-3. Máxima fuerza de prensión de la mano (Kg) por autor. Estratificado por sexo y década de edad

Edad (años)	Luna-Heredia [†] (N=517)		Schlüssel [‡] (N=3050)			
	Mujeres	Hombres	Mujeres		Hombres	
20-29	-	-	27.2	0.46	45.8	0.67
30-39	29.9 ± 6.0	53.1 ± 12.9	28.0	0.39	46.5	0.47
40-49	30.2 ± 5.6	53.0 ± 11.9	27.0	0.37	43.2	0.53
50-59	26.4 ± 5.5	49.4 ± 10.6	24.2	0.45	40.8	0.70
60-69	21.1 ± 4.8	37.6 ± 10.2	22.1	0.40	36.8	0.76
≥70	-	-	17.2	0.41	31.8	0.79
70-79	18.4 ± 5.5	31.0 ± 8.2	-	-	-	-
80-84	17.4 ± 4.4	25.6 ± 6.6	-	-	-	-
≥85	15.0 ± 3.9	23.4 ± 6.5	-	-	-	-

Nota. Adaptado de Luna-Heredia (2005) y Schlüssel (2008). † mano dominante, los resultados son media y error estándar, ‡ mano derecha, los valores son media±desviación estándar.

Tal y como hemos expuesto en las últimas secciones, el envejecimiento produce un declive en la fuerza muscular de las personas. Dicho declive se incrementa en las personas mayores, que tal y como se puede consultar en la Tabla I-2 y en la Tabla I-3, son valores inferiores en mayores frente a adultos y en mujeres frente a hombres. Recordemos que la fuerza muscular es clave para el mantenimiento de la funcionalidad

física, puesto que es un predictor de marcha funcional (ver sección 1.3.5). Además, otras capacidades motrices, como el equilibrio, también están relacionadas con la marcha. Consecuentemente, a continuación expondremos los efectos del envejecimiento sobre el equilibrio.

1.5. El envejecimiento y el equilibrio.

1.5.1. Introducción al envejecimiento y el equilibrio

En las siguientes secciones, definiremos equilibrio y sus distintas manifestaciones, explicaremos los efectos del envejecimiento en el equilibrio y presentaremos los valores de referencia de equilibrio.

1.5.2. Definición y tipos de equilibrio

Desde una perspectiva física, un cuerpo está en equilibrio cuando la suma de todas las fuerzas y momentos de fuerza que actúan sobre él es igual a cero, esto no significa que no existan fuerzas y momentos de fuerza que actúen sobre el cuerpo, sino que se anulan entre ellos. Winter (2005), en su libro de control motor y movimiento humano definió desde una perspectiva biomecánica el estado de equilibrio como la capacidad de mantener el centro de masas corporal (CdM) dentro de los límites flexibles de la base de sustentación (BdS). El CdM es el lugar del cuerpo donde se aplica la fuerza resultante del peso de sus distintos segmentos y la BdS el área entre todos los puntos de contacto del cuerpo con otra superficie, en los que se reciben las fuerzas de reacción del suelo. La aplicación del CdM sobre el eje vertical, el de la dirección de la gravedad se denomina centro de gravedad (CdG). Cuando una persona está situada sobre una plataforma de fuerzas y se produce una modificación en la posición del CdM, para mantener el equilibrio, se aplican fuerzas sobre la plataforma de fuerzas, obteniendo un vector resultante como reacción de la propia plataforma de fuerza. El punto de aplicación de dicho vector es denominado centro de presiones (CdP). Así, el CdP se define como el punto de aplicación de la fuerza vertical de reacción del suelo,

entendida como la resultante de todas las fuerzas que actúan sobre la plataforma de fuerzas, y asumiendo que todos los puntos de contacto están sobre dicha plataforma. Así que, cuando una persona está en bipedestación sobre una plataforma de fuerzas, podemos considerar que dicha persona está en equilibrio cuando es capaz de corregir las oscilaciones que se producen del CdM, manteniéndolo dentro de la BdS, mediante la activación de la musculatura apropiada, la cual queda reflejada en el CdP medido sobre una plataforma de fuerzas. La trayectoria del CdP se puede medir tanto en el eje antero-posterior (AP) como en el medio-lateral (ML). Por otro lado, desde una perspectiva más amplia, mantener el equilibrio podría definirse como el mantenimiento de una posición evitando la caída (Aguado, 1993). Este concepto de equilibrio más simple es clave en el colectivo de personas mayores debido a la asociación entre el control del equilibrio y el riesgo de sufrir caídas (Howe, et al., 2007). Las personas mayores deben mantener un suficiente control del equilibrio para evitar sufrir una caída y las consecuencias negativas que hemos explicado en secciones anteriores (ver sección I.1.2).

En la literatura revisada, hemos identificado mediciones de equilibrio estático y dinámico. Por un lado, se entiende por equilibrio estático aquel en que la persona debe mantener una posición lo más quieta posible con el mínimo movimiento. El equilibrio estático se puede medir mientras la persona mantiene diversas posiciones con diversas bases de sustentación (e.g. bipedestación, monopedestación, tándem -un pie delante del otro-). Al mantener el equilibrio estático en bipedestación, siempre existen pequeños reajustes de la posición para mantener el equilibrio, el cuerpo nunca se encuentra perfectamente quieto, ya que siempre existe un balanceo del mismo sobre su BdS (Spirduso, et al., 1995); por lo que a partir de ahora denominaremos equilibrio pseudo-estático a este tipo de equilibrio. El buen rendimiento del equilibrio pseudo-estático se caracteriza por mantener el CdG lo más inmóvil posible dentro de la BdS (Winter, Patla, & Frank, 1990). Por otro lado, se entiende por equilibrio dinámico aquel en que la persona realiza un movimiento (cambio de posición) en el cual las fuerzas que actúan sobre el cuerpo contribuyen al objetivo del movimiento. En este tipo de equilibrio, al contrario que en el equilibrio pseudo-estático, el objetivo no es mantener el CdG dentro de la BdS (Winter, Patla, & Frank, 1990). Hay

investigaciones que estudian la recuperación del equilibrio después de una perturbación del centro de masas que puede ser esperada o inesperada y producida por una aplicación de fuerza de empuje o tracción (Winter, Patla, & Frank, 1990) o por estar sobre una plataforma móvil multidireccional (Horak, Diener, & Nashner, 1989). Estas pruebas pueden combinar fases de valoración de equilibrio dinámico con fases de valoración de equilibrio pseudo-estático. Dos ejemplos de valoración de equilibrio dinámico podrían ser la prueba de alcance funcional y la marcha. La prueba de alcance funcional consta de tres fases: primero el participante debe mantener el equilibrio durante un determinado periodo de tiempo de forma pseudo-estática, a continuación debe inclinarse hacia delante lo máximo posible con un brazo extendido horizontalmente sin caerse donde deberá mantener esta posición durante un determinado periodo de tiempo, y finalmente se produce una fase de retorno donde debe volver a la posición inicial (Sousa & Sampaio, 2005; Takahashi, et al., 2006; Takai, 2008). El equilibrio dinámico también se puede valorar mientras se camina porque implica ser capaz de generar un patrón locomotor rítmico, mantener la postura erguida, y controlar la trayectoria del CdM a pesar de tener una BdS estrecha y en movimiento (Winter, 1995; Winter, Patla, & Frank, 1990).

I.5.3. Efectos del envejecimiento sobre el equilibrio

Con el envejecimiento, el control del equilibrio puede llegar a ser cada vez más difícil. El declive del control del equilibrio atribuible al envejecimiento se hace más evidente en el equilibrio dinámico que en el equilibrio pseudo-estático (Piiirainen, et al., 2010), hasta el punto que el control del equilibrio dinámico se puede ver altamente alterado en las personas mayores (Winter, Patla, Frank, & Walt, 1990). No obstante, en la literatura revisada, la valoración del equilibrio pseudo-estático en estudios con personas mayores es habitual debido a que es menos peligroso y complicado de valorar que el equilibrio dinámico (Piiirainen, et al., 2010). Motivo por el que, a partir de ahora centraremos nuestro escrito en el equilibrio pseudo-estático.

Es cierto que la degeneración del control del equilibrio asociada al envejecimiento no se debe al mero hecho de cumplir años, sino a la alteración de ciertos sistemas que

forman parte del proceso del control del equilibrio. Los sistemas más fundamentales del control del equilibrio son: los sistemas sensoriales, los sistemas motores y los sistemas atencionales. A través de los sistemas sensoriales, por vía aferente, la persona recibe la información de cómo se encuentra el cuerpo (con respecto al entorno y con respecto a sí mismo). Si la información proveniente de los sistemas sensoriales indica que la persona no se encuentra en equilibrio, a través del sistema motor, por vía eferente, la persona activa la musculatura que considere oportuna para la corrección de la postura. La eficiencia de la modificación de la postura estará supeditada a la correcta decisión de la persona respecto a esa perturbación del equilibrio, que estará condicionada por la capacidad de atención.

Con el propósito de contextualizar las posibles causas del declive del equilibrio de las personas mayores, a continuación se van a exponer algunos de los efectos del envejecimiento sobre estos tres sistemas.

En primer lugar, los tres grandes sistemas sensoriales que proporcionan información sobre la posición del cuerpo con respecto al entorno y a sí mismo son propiocepción, sistema vestibular y visión (Huitema, et al., 2005), y presentan alteraciones propias del envejecimiento debido a los motivos que se exponen a continuación. La propiocepción empeora con el envejecimiento por la disminución de la sensibilidad de los receptores del huso muscular, del tendón y/o de articulaciones como la rodilla o el tobillo (Petrella, Lattanzio, & Nelson, 1997; Skinner, Barrack, & Cook, 1984). El sistema vestibular, tanto el que responde a rotaciones como el que responde a traslaciones, puede empeorar por la disminución de las neuronas vestibulares primarias y/o la reducción de hasta el 40% de las células ciliadas (Park, Tang, Lopez, & Ishiyama, 2001; Rauch, Velazquez-Villasenor, Dimitri, & Merchant, 2001). El sistema visual se puede empeorar por la reducción de la capacidad de deducir la partida de flujo óptico, la reducción de la sensibilidad al contraste, la disminución de la percepción de profundidad y/o la restricción del campo visual (Stelmach & Worringham, 1985; Warren, Blackwell, & Morris, 1989). La visión tiene una especial relevancia en el control del equilibrio porque ayuda a fijar la orientación corporal en el espacio (Sheldon, 1963). A pesar de la disminución de la visión con la edad, las personas mayores siguen dependiendo en gran medida del sentido de la vista y algunos autores

informan que las personas mayores son aún más dependientes de la información visual para mantener el equilibrio durante la marcha que los adultos (Anderson, Nienhuis, Mulder, & Hulstijn, 1998; Lord & Webster, 1990). Cuando las personas mayores realizan una tarea postural con los ojos cerrados, el equilibrio empeora en comparación a los ojos abiertos tanto en el eje antero-posterior (AP) como en el medio-lateral (ML) (Era, et al., 2006; Masui, et al., 2005; Swanenburg, de Bruin, Uebelhart, & Mulder, 2009).

En segundo lugar, los estudios revisados que valoran la relación del envejecimiento con el sistema motor evalúan la trayectoria que describe el CdP (denominado como balanceo postural) sobre una plataforma de fuerzas (Era, et al., 2006; Nagy, et al., 2007; Pajala, et al., 2007; Prado, Stoffregen, & Duarte, 2007; Shumway-Cook & Woollacott, 2000; Shumway-Cook, Woollacott, Kerns, & Baldwin, 1997; Swanenburg, et al., 2009) y/o la actividad muscular de la extremidad inferior y del tronco mediante electromiografía (Borg, Finell, Hakala, & Herrala, 2007; Laughton, et al., 2003; Nagai, et al., 2011; Peterka & Black, 1990). Los estudios que valoran de forma más global (en 2D) la trayectoria del CdP obtienen variables como el área del CdP, la trayectoria global del CdP o la velocidad media global del CdP. Mientras que los estudios que descomponen el CdP en dos ejes fundamentales: AP y ML, obtienen variables para cada uno de los ejes como por ejemplo pico de velocidad, velocidad media, máxima distancia, trayectoria o variabilidad; e incluso donde se puede relacionar un eje con respecto al otro mediante un ratio. Se considera que una persona tiene un buen equilibrio corporal en valoraciones pseudo-estáticas cuando el CdP presenta bajos valores de pico de velocidad, de velocidad media, de máxima distancia y/o de trayectoria. Las personas mayores, en comparación a los adultos muestran valores significativamente superiores de balanceo postural, es decir peores, tanto en AP como en ML al mantener una posición estable (Hernandez, et al., 2009; Laughton, et al., 2003). Además, al comparar personas mayores que han sufrido alguna caída con aquellas que no han sufrido ninguna caída, se encuentra un mayor balanceo del CdP en las que han sufrido alguna caída (Laughton, et al., 2003). En concreto, el incremento del balanceo ML puede ser indicativo de un mayor riesgo de caída (Laughton, et al., 2003; Rogers & Mille, 2003). Respecto las investigaciones que evalúan la actividad

electromiográfica, al comparar las personas mayores con los adultos, se ha visto como las personas mayores tienen una actividad muscular incrementada, incluyendo coactivación durante la bipedestación pseudo-estática (Laughton, et al., 2003). Igual que existe un mayor balanceo en personas mayores que han sufrido alguna caída, también se obtiene mayor actividad muscular en personas que han sufrido alguna caída (Laughton, et al., 2003). Cuando no se ajusta correctamente la activación muscular necesaria para mantener el equilibrio, se produce un incremento en el balanceo postural, que se compensa mediante mayor actividad muscular. De manera que existe una relación bidireccional entre el balanceo postural y la actividad muscular, puesto que la actividad muscular realiza una doble función: contribuye al incremento del balanceo y compensa este incremento de balanceo postural.

Finalmente, en tercer lugar, la alteración en el control del equilibrio en personas mayores puede provenir de déficits en la capacidad de atención tal y como explicaron Lacour, Bernard-Demanze y Dumitrescu (2008) en su revisión. Dichos autores sugirieron que las personas mayores requieren más recursos cognitivos que los adultos cuando desarrollan la misma tarea postural. Por ejemplo, un aumento en la exigencia cognitiva mientras se camina tiene un efecto desestabilizador en la marcha que provoca que las personas mayores tengan un mayor riesgo de caerse (Lacour, et al., 2008). En el marco de la investigación sobre la atención y el control postural, los investigadores utilizan paradigmas de tareas dobles en los que los participantes realizan una tarea postural y una tarea cognitiva simultáneamente. Cuando se realizan estas tareas dobles, la atención no solo se centra en el control postural sino que se comparte con una actividad cognitiva concurrente, y dada la importancia del rendimiento en las tareas dobles en las personas mayores, esta área de investigación referente a la atención y al control del equilibrio se está intensificando (Lacour, et al., 2008). En la revisión de Lacour et al. (2008), los autores nombraron algunas tareas que suelen realizarse simultáneamente al control del equilibrio. Dichas tareas pueden ser mentales aritméticas, de memorización, verbales, de tiempo de reacción o espaciales (Lacour, et al., 2008). Las demandas de atención se incrementan cuando las personas están en posiciones más exigentes a lo habitual (Reilly, van Donkelaar, Saavedra, & Woollacott, 2008), como por ejemplo al recobrar el equilibrio tras una perturbación

externa (Brown, Shumway-Cook, & Woollacott, 1999) o al responder a cambios en el entorno sensorial (Shumway-Cook & Woollacott, 2000).

Un ejemplo de tarea doble podría ser mantener la posición de bipedestación pseudo-estática sobre una plataforma de fuerzas mientras simultáneamente se cuenta en voz alta desde cien hacia atrás de tres en tres (Maylor & Wing, 1996; Pajala, et al., 2007; Pellecchia, 2005). Al realizar dicha carga cognitiva mientras se realiza simultáneamente una tarea postural, se produce una degradación de la estabilidad postural tanto en personas mayores sanas como en adultos, en comparación a la misma tarea postural sin carga cognitiva con ojos abiertos (Pajala, et al., 2007; Pellecchia, 2005).

I.5.4. Valoración y valores de referencia del equilibrio en personas mayores

La valoración del equilibrio en personas mayores se puede realizar mediante mediciones directas o indirectas. Las medidas directas del equilibrio son ampliamente utilizadas en la literatura revisada y cuantifican el balanceo postural incluyendo distintos indicadores de las plataformas de fuerza. Cuando estas pruebas se realizan en condiciones estáticas (e.g. bipedestación pseudo-estática, monopedestación pseudo-estática) los valores menores indican mejor capacidad de equilibrio, pero cuando se realizan en condiciones dinámicas (e.g. inclinarse hacia delante o hacia atrás) los valores mayores indican mejor capacidad para mantener el equilibrio (Howe, et al., 2007). Alternativamente, el equilibrio se puede medir indirectamente mediante la observación (e.g. escala del equilibrio de Berg, caminar en tándem), con carácter más subjetivo, o mediante pruebas objetivas de capacidad funcional (e.g. parámetros temporales de la marcha, duración de la posición sobre un solo pie, duración de la posición en tándem, test de máximo alcance sin plataforma de fuerzas, test cronometrado de levantarse y caminar).

Los indicadores de la plataforma de fuerzas en la valoración del equilibrio se basan en el CdP y cuando se descomponen en AP y ML, dichos indicadores pueden ser: trayectoria (suma de todo el recorrido del CdP descrito durante todo el registro en un

determinado eje, unidad: m), área (superficie total que describe el CdP durante todo el registro en un determinado eje, unidad: m²), máxima distancia (diferencia entre el máximo y el mínimo para un determinado eje, unidad: m), velocidad media (promedio de velocidad del CdP durante todo el registro en un determinado eje, unidad: m/s), pico de velocidad (valor máximo de la velocidad del CdP durante todo el registro en un determinado eje, unidad: m/s), ratio (fracción entre las máximas distancias: AP/ML).

Spirduso et al. (1995), en su libro relataron que las personas mayores presentan mayor balanceo postural, y por lo tanto peor equilibrio que las adultas en bipedestación pseudo-estática. En concreto, informaron que el balanceo postural es 52% mayor en personas de entre 70 y 80 años que en personas de entre 30 y 39 años en AP. Además, cuando se produce una perturbación de la estabilidad postural, las diferencias en el balanceo postural entre las personas mayores y los adultos se incrementan. Dichas perturbaciones pueden ser condiciones de valoración del equilibrio con los ojos cerrados, con una tarea cognitiva simultánea, sobre superficies inestables, o cabinas de perturbación sensorial.

Numerosas publicaciones más actuales valoraron el equilibrio en personas mayores en bipedestación pseudo-estática en una plataforma de fuerza e informaron de un empeoramiento del equilibrio con el envejecimiento (Era, et al., 2006; Masui, et al., 2005; Raymakers, Samson, & Verhaar, 2005). Raymakers et al. (2005) compararon el equilibrio de adultos (n=45, 21-45 años) y mayores (n=38, 61-78 años) y encontraron que fue significativamente peor en el grupo de personas mayores para los parámetros de velocidad media global, área, y máxima distancia ML, pero no para la máxima distancia AP (ver Tabla I-4). Además, numerosos autores encontraron que cuando valoraron el equilibrio ojos cerrados o con una carga cognitiva adicional en lugar de bajo una condición de ojos abiertos, hubo un empeoramiento adicional del equilibrio (Bauer, Groger, Rupperecht, & Gassmann, 2008; Era, et al., 2006; Jamet, Deviterne, Gauchard, Vancon, & Perrin, 2007; Masui, et al., 2005; Pajala, et al., 2007; Swanenburg, et al., 2009). A continuación vamos a exponer los resultados más destacables encontrados en ciertos estudios que incluyen la condición de ojos cerrados, más adelante expondremos los resultados de estudios que incluyeron la condición de carga cognitiva adicional.

Tabla I-4. Parámetros del balanceo postural de dos grupos de edad: 21-45 y 61-78 años

Edad (años)	Área (cm ²)	Velocidad media (cm/s)	Máxima distancia AP (cm)	Máxima distancia ML (cm)
21-45	2.3 ± 1.2	0.94 ± 0.19	2.3 ± 0.7	1.8 ± 0.5
61-78	3.5* ± 2.1	1.59* ± 1.15	2.5 ± 0.8	2.4* ± 0.7

Nota. Los valores son media±desviación estándar. Adaptado de Raymakers et al. (2005). AP: eje antero-posterior, ML: eje medio-lateral. *p<.01 al comparar dos grupos de edad.

Es especialmente destacable el estudio de Era et al. (2006), en el cual valoraron el equilibrio a cerca de 8,000 adultos y mayores bajo las condiciones de ojos abiertos y ojos cerrados. Dichos autores computaron la velocidad media del CdP para AP y ML y encontraron un claro y significativo incremento de la velocidad media del CdP relacionado con la edad para ambos ejes, en concordancia a los resultados reportados por Raymakers et al. (2005). Esta diferencia se dio entre todos los grupos de edad, pero se vio más pronunciada después de los 60 años de edad. Cuando el test se realizó con los ojos cerrados, el aumento de la velocidad media del CdP relacionado con la edad se observó más claramente todavía. Además, la velocidad media del CdP en AP fue superior que en ML, lo que significa más inestabilidad en AP que en ML; dicho hallazgo se dio en todos los grupos de edad y para ambas condiciones de equilibrio (ojos abiertos y ojos cerrados).

Masui et al. (2005) también valoraron el equilibrio con ojos abiertos y ojos cerrados a una muestra de 343 personas de entre 55 y 83 años de edad que vivían independientemente en zonas rurales (ver Tabla I-5). En este estudio, los autores también encontraron empeoramiento del equilibrio relacionado con la edad, puesto que informaron de un incremento de la velocidad media, en consonancia a los dos estudios expuestos previamente (Era, et al., 2006; Raymakers, et al., 2005) y un incremento del área, en consonancia al estudio de Raymakers et al. (2005). Dicho empeoramiento del equilibrio con la edad se produjo en ambos sexos y en ambas condiciones. Cuando Masui et al. (2005) compararon mujeres con hombres, encontraron mayor valor, por lo tanto peor equilibrio en los hombres que en las mujeres en la velocidad media para ambas condiciones y en el área bajo la condición de ojos cerrados.

Tabla I-5. Parámetros del balanceo postural con ojos abiertos y ojos cerrados. Estratificado por edad y sexo

Edad (años)	Ojos abiertos		Ojos cerrados	
	Área (cm ²)	Velocidad media (cm/s)	Área (cm ²)	Velocidad media (cm/s)
Hombres				
55-64	2.14	1.58	3.34	2.35
65-69	2.74	1.77	3.88	2.61
70-74	2.80	1.93	4.07	2.98
75-84	3.30	2.40	6.05	3.83
Mujeres				
55-64	2.23	1.45	2.76	1.98
65-69	2.45	1.63	3.47	2.30
70-74	2.37	1.64	3.22	2.21
75-84	2.89	1.82	4.08	2.63

Nota. Adaptado de Masui et al. (2005). Valores presentados como media.

Bauer et al. (2008) también valoraron el equilibrio bajo las condiciones de ojos abiertos y ojos cerrados, pero se centraron en participantes de 62 años o más. Dichos autores informaron que el área, la trayectoria global y la trayectoria AP fue peor con ojos cerrados que con ojos abiertos (ver Tabla I-6). No obstante, en este estudio los autores no diferenciaron resultados por edad, con lo cual no proporcionan información si entre mayores jóvenes y muy mayores se produce un empeoramiento del equilibrio atribuible al envejecimiento.

Tabla I-6. Valores de referencia de variables de equilibrio para personas mayores (≥ 60 años). Condiciones: ojos abiertos y ojos cerrados

Variables	Ojos abiertos (N=63)	Ojos cerrados (N=61)
Área (mm ²)	259.1 ± 211.5	602.1 ± 668.5
Trayectoria global (mm)	426.9 ± 178.6	712.0 ± 413.1
Trayectoria AP (mm)	239.3 ± 94.4	357.5 ± 179.8
Trayectoria ML (mm)	299.0 ± 141.2	534.3 ± 351.2

Nota. Los valores son media±desviación estándar. Adaptado de Bauer et al. (2008). AP: eje antero-posterior, ML: eje medio-lateral.

Una vez expuestos los resultados respecto a la condición de ojos cerrados, vamos a exponer los resultados más destacables encontrados en ciertos estudios que incluyen la condición de carga cognitiva adicional.

En secciones anteriores habíamos visto como el equilibrio también está influenciado por los sistemas atencionales (ver sección I.5.3). De manera que cuando se mantiene el equilibrio mientras se realiza una tarea cognitiva simultáneamente (tarea doble), el control del equilibrio empeora (Jamet, et al., 2007; Pajala, et al., 2007; Pellecchia, 2005; Swanenburg, et al., 2009). Dicho empeoramiento es más evidente en personas mayores que en adultos tal y como informaron los autores de varios estudios (Jamet, et al., 2007; Shumway-Cook & Woollacott, 2000). Shumway-Cook y Woollacott (2000), informaron que cuando los adultos realizan una tarea doble auditiva no hay diferencias significativas en el balanceo postural al compararlo con la ausencia de la tarea doble, mientras que las personas mayores sanas, en algunas de las tareas dobles auditivas sí que empeoran su equilibrio, aumentando el balanceo postural entre un 3% y un 15%. Por otro lado, Jamet et al. (2007) valoraron el equilibrio con los ojos abiertos y en un contexto de tarea doble que incluía una tarea postural junto con una tarea de carga cognitiva adicional (contar hacia atrás de siete en siete) a 79 personas agrupadas por edad (jóvenes: 22±2, mediana edad: 43±8 y mayores: 71±7 años). Los autores de este estudio informaron que la tarea de contar hacia atrás mientras se mantiene la postura produce una degradación significativa en el rendimiento postural del grupo de mayores, y en menor grado del grupo de mediana edad, pero no en el grupo de jóvenes (ver Tabla I-7).

Tabla I-7. Valores de referencia de variables de equilibrio por condiciones (ojos abiertos y carga cognitiva -contar hacia de siete en siete-) y grupo de edad

VARIABLES	Ojos abiertos	Carga cognitiva
Área global (mm²)		
Jóvenes (22±2 años)	133.2 ± 61.7	123.7 ± 66.6
Mediana edad (43±8 años)	112.7 ± 72.8	136 ± 101.4
Mayores (71±7 años)	180.7 ± 80.8	208.8 ± 80.3
Máxima distancia AP (mm)		
Jóvenes (22±2 años)	16.3 ± 7.4	15.3 ± 4.7
Mediana edad (43±8 años)	14.3 ± 3.9	15.9 ± 5.8
Mayores (71±7 años)	17.3 ± 3.6	20.3 ± 4.7
Máxima distancia ML (mm)		
Jóvenes (22±2 años)	12.6 ± 3	12.3 ± 3.6
Mediana edad (43±8 años)	11.6 ± 4.2	12.6 ± 5.2
Mayores (71±7 años)	15.3 ± 4.2	16.5 ± 5.2

Nota. Los valores son media±desviación estándar. Adaptado de Jamet et al. (2006). AP: eje antero-posterior, ML: eje medio-lateral.

Tal y como hemos expuesto en las últimas secciones, el envejecimiento produce un declive en el equilibrio de las personas (ver Tabla I-4, la Tabla I-5 y la Tabla I-7), dicho declive es más pronunciado cuando la tarea postural es más exigente. Así que si se disminuye la base de sustentación, se realiza la tarea postural con oclusión ocular o se realiza una carga cognitiva adicional mientras se mantiene la postura, se espera que el rendimiento del equilibrio empeore en las personas mayores. Recordemos que el equilibrio junto con la fuerza muscular está relacionado con la funcionalidad física, ya que ambas capacidades motrices son predictoras de marcha funcional (ver sección I.3.5). Así que es de esperar que aquellas personas que ven deteriorado su equilibrio y/o su fuerza presenten peor funcionalidad física. Además, el equilibrio es clave en la disminución del riesgo de caída, que es una temática de especial interés en las personas mayores (ver sección I.1.2).

Ahora que hemos explicado los efectos negativos que puede producir el envejeciendo en las personas mayores cabe preguntarse si existe algún método para reducir o tratar dichos empeoramientos. Como ya hemos introducido en la sección I.1.3, el ejercicio físico puede ser una buena estrategia para prevenir o tratar dichos efectos negativos

del envejecimiento. Dicho aspecto lo abordaremos en las próximas secciones del presente capítulo, fundamentalmente las que atienden al marco de la funcionalidad física, entendida en las personas mayores como la velocidad de marcha funcional.

I.6. El ejercicio físico en las personas mayores

Está ampliamente referenciada la relación entre el envejecimiento y la pérdida de funcionalidad física y el aumento de discapacidad (Bean, et al., 2004; Kelly-Hayes, et al., 1992; Washburn, et al., 1993), de manera que el colectivo de personas mayores ve empeorada su capacidad funcional motriz por efectos propios del envejecimiento. Algunos cambios fisiológicos que tradicionalmente se asociaron exclusivamente al fenómeno del envejecimiento son muy similares a los que se dan con la inactividad física y en muchos casos, son reversibles con la práctica de ejercicio (Bean, et al., 2004). Por este motivo resulta difícil determinar si esta pérdida de funcionalidad motriz es una inevitable expresión exclusiva del envejecimiento, o es más bien una consecuencia de la combinación del envejecimiento junto con un estilo de vida adverso agravado por la presencia de enfermedades crónicas (Shepard, 1997). Según el estudio longitudinal de McGuire et al. (2001), permanecer inmóvil en una cama durante 3 semanas causó mayor deterioro en la capacidad cardiovascular y de trabajo que 30 años de envejecimiento. Los autores de dicho estudio informaron que un corto periodo de inactividad física produjo mayores efectos negativos sobre el organismo que el propio envejecimiento. Los autores de una revisión sistemática más reciente informaron que la discapacidad y las limitaciones físicas, cognitivas y sensoriales no son consecuencias inevitables del envejecimiento (Freedman, Martin, & Schoeni, 2002). De hecho, hay personas mayores que no presentan disminución de la funcionalidad física, cognitiva o sensorial.

Cabe plantearse hasta qué punto el deterioro por envejecimiento podría ralentizarse o revertirse mediante el incremento de ejercicio físico, ya sea a través de un programa de ejercicio físico practicado de forma regular o de un estilo de vida activo. A continuación expondremos diversos tipos de programas de ejercicio físico orientados a la mejora de uno o varios parámetros relacionados con la funcionalidad física (ver

sección I.6.1). En las siguientes secciones explicaremos la importancia del ejercicio físico en las personas mayores (ver sección I.6.2) y detallaremos la evidencia existente respecto a los efectos que produce la práctica de ejercicio físico en: el organismo en general (ver sección I.6.3), la marcha (ver sección I.7), la fuerza (ver sección I.8) y el equilibrio (ver sección I.9).

I.6.1. Tipos de intervenciones de ejercicio físico

En la literatura revisada hemos encontrado numerosos estudios con intervenciones de ejercicio físico focalizados en parámetros relacionados con la función física en personas mayores. Dichos estudios realizan intervenciones de ejercicio físico para la prevención o la mejora de la funcionalidad física o enfermedades en personas mayores. Además, hay estudios que a parte de la intervención de ejercicio hacen incidencia en la dieta o la medicación (Han, Tajar, & Lean, 2011), no obstante, en esta tesis nos centraremos en las intervenciones que incluyen únicamente ejercicio físico. Existen diversos tipos de clasificación de estas intervenciones de ejercicio físico para personas mayores, pero se destacan principalmente dos.

El primer tipo de clasificación distingue entre programas de ejercicio físico uni-intervención y multi-intervención. Esta clasificación ha sido utilizada en diversas revisiones bibliográficas, donde se considera que la uni-intervención (también denominada como focalizada o simple) es un programa de ejercicios con un único contenido u objetivo, mientras que la multi-intervención (también denominada como genérica o múltiple) está compuesta por dos o más contenidos u objetivos (Gillespie, et al., 2009; Kannus, Sievanen, Palvanen, Jarvinen, & Parkkari, 2005; Mian, Baltzopoulos, Minetti, & Narici, 2007). A pesar de la relativa aceptación de esta forma de clasificar las intervenciones, la misma nomenclatura (uni-intervención y multi-intervención) puede tener distintas acepciones, ya que hay autores que realizan la clasificación en función del contenido, y otros en función del objetivo. Un ejemplo de uni-intervención según el contenido sería la que incluye solamente contenidos de fuerza muscular o de resistencia aeróbica mientras que un ejemplo de uni-intervención según el objetivo sería la que pretende mejorar un único aspecto como la capacidad

aeróbica, el equilibrio, la función locomotora, o la reducción del riesgo de caídas (Gillespie, et al., 2009; Kannus, et al., 2005; Mian, et al., 2007). Mian et al. (2007), en su revisión de estudios con intervenciones para la mejora de la función locomotora en personas mayores, encontraron que la mayoría de las uni-intervenciones eran de algún tipo de entrenamiento de fuerza muscular utilizando diversas fuentes de resistencia. Este tipo de nomenclatura puede ocasionar confusión en la clasificación de las intervenciones, porque puede ocurrir, como en las intervenciones revisadas por Kannus et al. (2005), que por ejemplo un programa orientado a la reducción del riesgo de caída esté compuesto por entrenamiento de fuerza y de equilibrio. Así pues, bajo la perspectiva de los contenidos la clasificaríamos como multi-intervención, pero bajo la perspectiva de los objetivos sería una uni-intervención.

El segundo tipo de clasificación distingue entre cuatro tipos de intervenciones: tradicional, específica, gimnasias dulces y con animales. Además, las intervenciones de ejercicio físico pueden estar dirigidas a personas mayores residentes en instituciones o residentes en su domicilio habitual en la comunidad. En ambos casos encontramos diseños muy heterogéneos en referencia al tipo de intervención y a los tipos de valoración de variables (Daniels, van Rossum, de Witte, Kempen, & van den Heuvel, 2008; Rydwik, Frandin, & Akner, 2004). Según la revisión sistemática de Rydwik et al. (2004), las intervenciones tradicionales más comunes con participantes mayores residentes en instituciones son de entrenamiento de fuerza, seguidas de las de marcha y las de amplitud de movimiento. En dichas intervenciones, las valoraciones más comunes fueron las de movilidad, seguidas por las de fuerza muscular y las de marcha (Rydwik, et al., 2004). En los estudios de esta revisión, los autores informaron que el ejercicio físico produjo mejoras significativas en la fuerza muscular, en la movilidad, en la velocidad de marcha, en las actividades de la vida diaria, en el equilibrio y en la amplitud de movimiento. Y es destacable que, independientemente del tipo de diseño de la intervención, en ningún caso hubieron resultados negativos en el entrenamiento de ejercicio físico en estas personas mayores residentes en instituciones (Rydwik, et al., 2004). Respecto a las intervenciones tradicionales orientadas a personas mayores residentes en su domicilio en la comunidad, cabe destacar dos revisiones (Bean, et al., 2004; Gillespie, et al., 2009). En la revisión de Bean et al. (2004), los autores

encontraron que el ejercicio físico comportó beneficios terapéuticos para casi todas estas personas mayores, especialmente para aquellas que sufrían alguna enfermedad crónica. En la revisión de Gillespie et al. (2009), los autores se centraron en estudios con intervenciones para la prevención de caídas, los cuales incluyeron contenidos de marcha, equilibrio, fuerza muscular, resistencia, flexibilidad, entrenamiento funcional y actividad física general. En esta segunda revisión, los autores concluyeron que el ejercicio físico es una efectiva intervención para reducir el número y el riesgo de caídas, y que distintos tipos de intervenciones incluyendo las tradicionales realizadas en grupo producen estas mejoras (Gillespie, et al., 2009). Las intervenciones tradicionales también se pueden desarrollar en el medio acuático, donde se detectaron numerosas mejoras sobre los efectos propios del envejecimiento, como por ejemplo aumento de la capacidad aeróbica, del VO₂max, de la fuerza muscular o disminución de los valores de colesterol y lipoproteínas de baja densidad (Thein & Richley, 2009).

Hay estudios recientes que apuestan por intervenciones de mayor especificidad desde el punto de vista de la funcionalidad física en personas mayores. Estas intervenciones están compuestas por ejercicios muy similares a las tareas que debe realizar una persona mayor residente en su propio domicilio en la comunidad. Las intervenciones específicas pueden incluir, por ejemplo, circuitos de entrenamiento de la funcionalidad física (Giné-Garriga, Guerra, Pagès, et al., 2010) o contenidos de movilidad en la cama, de transporte de objetos o tareas de movilidad general (Bean, et al., 2004). Este tipo de intervenciones se basa en el principio bien establecido de la especificidad del entrenamiento (Matveyev, 1977), e igual que un deportista realiza ejercicios muy similares a los de competición para optimizar logros, una persona mayor realiza ejercicios muy similares a los de su vida diaria independiente para obtener mejores resultados en su funcionalidad física (Bean, et al., 2004).

Por otro lado, existen las denominadas intervenciones de gimnasias dulces, que incluyen actividades como el taichí, el yoga, el baile o el qigong (Howe, et al., 2007; Rogers, L. K. Larkey, & C. Keller, 2009). Estos tipos de estudios están principalmente enfocados a la mejora de equilibrio y la prevención de caídas en personas mayores, pero también encontramos intervenciones orientadas a la mejora de la función física,

la salud cardiovascular, la salud psicológica o determinadas enfermedades (Gillespie, et al., 2009; Howe, et al., 2007; Rogers, et al., 2009).

En contraste a las intervenciones más tradicionales, las de gran especificidad o las gimnasias dulces, existen intervenciones menos comunes con presencia de animales. Dichos animales suelen ser mascotas (perros) o caballos. Los estudios con mascotas informan de los beneficios del estilo de vida activo que suelen tener los dueños de animales como por ejemplo los perros, mientras que los estudios con la presencia de caballos son intervenciones de ejercicio con la presencia del animal, fundamentalmente con un fin terapéutico.

Por un lado, los autores de un estudio longitudinal encontraron que las personas mayores que tenían perros como mascotas, eran físicamente más activas y mostraban beneficios en el mantenimiento y/o incremento de las actividades de la vida diaria (Raina, Waltner-Toews, Bonnett, Woodward, & Abernathy, 1999). Los autores de una revisión más reciente (Cutt, Giles-Corti, Knuiiman, & Burke, 2007) informaron de hallazgos en la misma línea, puesto que encontraron que las personas con perros como mascotas presentaron un mayor nivel de actividad física, considerables beneficios para la salud y un importante apoyo social. Además, las personas con mascotas obtuvieron más oportunidad de relacionarse para conocer a otras personas (Beck & Meyers, 1996).

Por otro lado, los estudios revisados que incluyen ejercicio con la presencia de un caballo (a veces denominado como hipoterapia y a veces denominado como equitación terapéutica) están focalizados fundamentalmente en poblaciones de niños con parálisis cerebral (Drnach, O'Brien, & Kreger, 2010; Kwon, et al., 2011; McGibbon, Benda, Duncan, & Silkwood-Sherer, 2009; Zadnikar & Kastrin, 2011) o en personas con esclerosis múltiple (Bronson, Brewerton, Ong, Palanca, & Sullivan, 2010; Hammer, et al., 2005; Silkwood-Sherer & Warmbier, 2007). Dos recientes revisiones explicaron los beneficios del ejercicio con caballo en niños con parálisis cerebral (Zadnikar & Kastrin, 2011) y en personas con esclerosis múltiple (Bronson, et al., 2010). Respecto a los estudios con intervenciones de caballo en niños con parálisis cerebral, Zadnikar y Kastrin (2011) encontraron que tanto la denominada hipoterapia como la equitación terapéutica pueden mejorar el equilibrio y el control postural. Además, otros autores

encontraron otro tipo de mejoras en aspectos relacionados con la motricidad tras intervenciones con caballos (Drnach, et al., 2010; Kwon, et al., 2011; McGibbon, et al., 2009; Shurtleff & Engsberg, 2010). Dichas mejoras fueron en la velocidad de marcha, la simetría muscular durante la marcha, la estabilidad de cabeza y tronco, y la función motora gruesa. En el reciente estudio de Kwon et al. (2011), los autores encontraron, además de mejoras en el equilibrio, mejoras en la velocidad de marcha tras su intervención de 8 semanas de hipoterapia. Drnach et al. (2010), encontraron mejoras en la función motora gruesa tras su intervención de únicamente 5 semanas de equitación terapéutica con contenidos de estiramientos, fuerza y equilibrio. McGibbon et al. (2009) y Shurtleff y Engsberg (2010), tras sus intervenciones de 12 semanas de hipoterapia, encontraron mejoras en la simetría de los músculos adductores durante la marcha y en la estabilidad del tronco y de la cabeza, respectivamente. Respecto a los estudios con intervenciones de hipoterapia en personas con esclerosis múltiple, los autores de la revisión de Bronson et al. (2010) encontraron mejoras en aspectos similares que en los estudios de niños con parálisis cerebral. Dichos autores encontraron mejoras en el equilibrio y la calidad de vida de las personas que sufren esclerosis múltiple. Además, Silkwood-Sherer y Warmbiert (2007) y Hammer et al. (2005) encontraron que sus intervenciones de hipoterapia, aparte de mejorar el equilibrio, mejoraron la movilidad y el bienestar emocional de sus participantes con esclerosis múltiple, respectivamente.

Así como, la evidencia sobre los beneficios del ejercicio con caballo en personas con parálisis cerebral o con esclerosis múltiple es más extensa, hemos encontrado escasos estudios sobre los beneficios del ejercicio con caballo en otro tipo de poblaciones con patologías. Dichos estudios fueron con niños autistas (Bass, Duchowny, & Llabre, 2009), con niños con síndrome de Down (Champagne & Dugas, 2010), con personas incapacitadas para las actividades de la vida diaria por dolor de espalda (Hakanson, Moller, Lindstrom, & Mattsson, 2009), con niños con trastornos de relación (Hameury, Delavous, & Leroy, 2011) o con personas con hemiparesia por accidente cerebrovascular (Christofoletti, Correia, Borges, & Beinotti, 2010). Bass, Duchowny y Llabre (2009) informaron que la equitación terapéutica disminuyó el comportamiento sedentario, la distracción y la desatención y mejoró la motivación social y la

sensibilidad sensorial de niños autistas. Champagner y Dugas (2010) informaron que 11 semanas de hipoterapia mejoraron la función motora gruesa de dos niños con síndrome de Down de 28 y 37 meses de edad. Hakanson et al. (2009) encontraron que tras su intervención de equitación terapéutica con especial énfasis en la conciencia corporal, sus participantes disminuyeron el dolor de espalda. Hameury et al. (2011) informaron que la hipoterapia es útil para niños afectados por trastornos de relación, para mejorar el desarrollo de la comunicación y las emociones con el fin de actuar sobre el funcionamiento psicológico. Christofolletti et al. (2010) encontraron que las 16 semanas de hipoterapia junto con terapia física convencional produjeron mejoras en la marcha y en el equilibrio de sus participantes que habían sufrido un accidente cerebro-vascular con afectación motora.

Así que, el ejercicio físico con caballo puede producir efectos positivos en personas con ciertas patologías, dichos beneficios incluyen aspectos relacionados con la funcionalidad física y aspectos más emocionales. No obstante, a pesar de los potenciales efectos positivos de este tipo de intervenciones en las personas, únicamente hemos encontrado un estudio con personas mayores sanas (Toigo, Leal Júnior, & Ávila, 2008). En dicho estudio, los autores realizaron 8 sesiones de hipoterapia, con una duración de 30 minutos por sesión a personas mayores sanas de 60-74 años de edad, y los autores informaron que el ejercicio con caballo mejoró el equilibrio de sus participantes, y consecuentemente podría disminuir el riesgo de caída (Toigo, et al., 2008). Esta mejora de equilibrio se produjo únicamente en el eje antero-posterior.

En definitiva, la evidencia científica parece indicar que el ejercicio físico con caballo puede ser una herramienta útil para el tratamiento de ciertas patologías, principalmente para la mejora del equilibrio. Recordemos que el equilibrio es clave en las personas mayores por su relación con la prevención de caídas. El ejercicio físico, además de ser utilizado como terapia, también puede ser útil como prevención en poblaciones sanas, como por ejemplo en personas mayores sanas. En las personas mayores, además del equilibrio, también es necesario mejorar otros aspectos relacionados con la funcionalidad física, tales como la marcha o la fuerza muscular. En este sentido, no hemos encontrado evidencia sobre qué efectos puede producir una

intervención de ejercicio físico con caballo en más aspectos relacionados con la funcionalidad física de las personas mayores. Estos aspectos animan a que en el diseño de futuros estudios se incluyan intervenciones de ejercicio físico con la presencia de un caballo con fin preventivo de más aspectos relacionados con la funcionalidad física, y no únicamente el equilibrio. Por otro lado, el ejercicio físico con caballo, además aporta otros beneficios que no son tan físicos, como por ejemplo la mejora del bienestar emocional, tal y como habíamos visto en el estudio de Hammer et al. (2005) o el bienestar psicológico, mediante la mejora del desarrollo de la comunicación y las emociones en personas afectadas por trastornos de relación (Hameury, et al., 2011). Así que, es posible que en comparación a otras intervenciones de ejercicio más tradicionales, el ejercicio con caballo produzca mayores mejoras debido a componentes más relacionados con la motivación. No obstante, todavía no existe suficiente evidencia al respecto.

No existe consenso en el uso de un único tipo de clasificación de los tipos de intervenciones de ejercicio físico dirigidas a las personas mayores. Pero independientemente del tipo de nomenclatura utilizada, la búsqueda de los beneficios que puede producir el ejercicio físico para mitigar los efectos negativos del envejecimiento es una inquietud habitual en el marco de la investigación relacionada con el ejercicio, la salud y las personas mayores. Y parece que diversos diseños de intervenciones de ejercicio físico (e.g. tradicionales, con la presencia de un caballo, multi-intervenciones, específicas) pueden mejorar aspectos relacionados con la funcionalidad física en personas mayores. En dicho aspecto radica la importancia del ejercicio en las personas mayores que explicaremos a continuación.

1.6.2. Importancia del ejercicio en la población mayor

No existe ningún tipo de actividad física que pueda hacer que el inherente proceso biológico de envejecimiento que hemos ido exponiendo a lo largo del manuscrito desaparezca completamente. Pero la evidencia informa que los efectos producidos por el envejecimiento pueden ser prevenidos y/o tratados mediante la práctica de ejercicio físico de forma regular (McGuire, et al., 2001). Este hábito saludable, está

relacionado con mejoras en la mortalidad, la morbilidad, el riesgo de padecer enfermedades crónicas, las limitaciones funcionales y la discapacidad (Bean, et al., 2004; Chodzko-Zajko, et al., 2009; Nelson, et al., 2007). Incluso cuando la actividad física se inicia en la vejez, disminuye la mortalidad (Howe, et al., 2007).

Existe un posicionamiento común en cuanto a las recomendaciones generales de práctica de ejercicio físico para personas mayores de tres entidades de reconocimiento internacional: la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2011), la *American Heart Association* (AHA) y la *American College of Sports Medicine* (ACSM) (Nelson, et al., 2007). Dichas entidades recomiendan actividad física regular que incluya actividad aeróbica y de fuerza muscular el mayor número de días semanales posible, con el fin de tener un envejecimiento sano. En concreto, recomiendan que las personas de 65 años o más realicen actividad física aeróbica de intensidad moderada durante 150-300 minutos semanales, o bien actividad aeróbica de intensidad vigorosa durante 75-150 minutos semanales. Esta actividad debe practicarse en sesiones de 10 minutos como mínimo. También conviene que realicen actividades que mantengan o incrementen la fuerza muscular un mínimo de dos días semanales para mantener la independencia física (8-10 ejercicios, ≥ 2 días/semana no consecutivos, utilizando los mayores grupos musculares posibles). Las actividades para el mantenimiento de la flexibilidad se deben realizar un mínimo de dos días semanales. Además, las personas con movilidad reducida deben realizar actividades para la mejora del equilibrio y la prevención de caídas ≥ 3 días/semana. Todas aquellas personas que cumplan con estas recomendaciones podrán obtener beneficios propios del ejercicio físico, los cuales se explican a continuación.

I.6.3. Beneficios del ejercicio en las personas

Existe amplia evidencia que documenta los beneficios producidos por la práctica de ejercicio físico en las personas mayores, tanto en los mayores jóvenes como en los muy mayores (Vogel, et al., 2009). A lo largo del manuscrito hemos expuesto los efectos del envejecimiento a nivel fisiológico, físico y neuro-cognitivo, así como la afectación que puede tener sobre la motricidad y la funcionalidad física en las

personas mayores. A continuación expondremos el impacto del ejercicio físico sobre el organismo a estos mismos niveles en relación a enfermedades, y el efecto que produce sobre aspectos inherentes a la motricidad, como la marcha, la fuerza o el equilibrio.

1.6.3.1. Beneficios fisiológicos del ejercicio físico

A nivel fisiológico, habíamos visto como el envejecimiento perjudica el rendimiento cardio-respiratorio empeorando la capacidad aeróbica máxima. Pues bien, el ejercicio físico puede disminuir estos efectos negativos. En estudios con personas mayores, encontramos diseños que comparan personas activas con sedentarias (Seals, 2003; Wilson & Tanaka, 2000) y otros que examinan los efectos de intervenciones de ejercicio físico (Evans, et al., 2005; Goldspink, 2005; Malbut, Dinan, & Young, 2002; Marshall, et al., 2001; Schulman, et al., 1996). Al comparar personas mayores activas con sedentarias, se detecta que las primeras presentan un mejor estado del sistema cardiovascular que se manifiesta a través de un menor deterioro de la elasticidad de las arterias y un mayor $VO_2\text{max}$ (Seals, 2003; Wilson & Tanaka, 2000). Como efecto de una intervención de resistencia cardiovascular, en las personas mayores sanas se puede mejorar el sistema cardiovascular como por ejemplo aumentando el $VO_2\text{max}$, el $VO_2\text{peak}$ o el gasto cardíaco (Evans, et al., 2005; Goldspink, 2005; Malbut, et al., 2002; Schulman, et al., 1996). Estos efectos positivos del entrenamiento de resistencia sobre el sistema cardiovascular se empiezan a acumular en tan solo 8 semanas, pero el entrenamiento debe mantenerse a lo largo del tiempo para no perder los beneficios obtenidos (Marshall, et al., 2001; Schulman, et al., 1996). En cuanto a la intensidad óptima para beneficiarse de los efectos positivos del ejercicio, hay estudios que consideran que entre el 60% y el 80% del $VO_2\text{max}$ es una intensidad efectiva para aumentar la capacidad de hacer ejercicio (Ehsani, Ogawa, Miller, Spina, & Jilka, 1991), pero hay beneficios que se pueden obtener simplemente caminando a una intensidad moderada, como la mejora de la función vascular incluyendo la reducción de la rigidez carotídea (DeSouza, et al., 2000; Tanaka, et al., 2000).

1.6.3.2. Beneficios físicos del ejercicio físico

En el aspecto físico, habíamos visto como el envejecimiento afectaba negativamente a la composición corporal, al sistema óseo, al sistema articular y al sistema muscular.

Existe evidencia de que el ejercicio físico regular puede ayudar a controlar la acumulación de grasa (Irwin, et al., 2003; Mazzeo, et al., 1998), mantener o incrementar la densidad ósea (Layne & Nelson, 1999; Wallace & Cumming, 2000) y mantener o mejorar la masa de tejido muscular en las personas mayores (Irwin, et al., 2003). A continuación explicaremos los efectos del ejercicio sobre dichos aspectos físicos.

En el posicionamiento de la ACSM (Mazzeo, et al., 1998), informaron que numerosos estudios demostraron como la actividad física puede reducir la masa grasa en las personas mayores entre un 1% y un 4%. Un claro ejemplo podría ser el estudio de Irwin et al. (2003), en el cual realizaron una intervención en mujeres mayores con sobrepeso que consistía en 45 minutos de ejercicio, 5 días semanales con intensidad aumentada gradualmente hasta el 75% de la frecuencia cardíaca máxima, y encontraron mejoras de hasta 1.4Kg en la masa corporal, 1.0% en la cantidad de grasa total, 8.6 g/cm² en la grasa intra-abdominal y 28.8 g/cm² en la grasa subcutánea.

En cuanto a los efectos del ejercicio sobre el sistema óseo en personas mayores, Layne y Nelson (1999), explicaron en su revisión que la actividad física, particularmente los ejercicios con pesas mantienen o mejoran la salud de los huesos, mientras que la inactividad física está implicada en la pérdida de hueso. Wallace y Cumming (2000) afirmaron que en función del tipo de ejercicio físico se puede ralentizar la pérdida de masa ósea atribuible al envejecimiento (i.e. ejercicio de bajo impacto o caminando) e incluso se puede incrementar la densidad ósea (i.e. ejercicio de alto impacto, ejercicio vigoroso o corriendo). Aún cuando no se producen incrementos en la densidad ósea, tras una intervención de ejercicio físico se puede reducir el riesgo de caídas y de fracturas óseas de personas con osteoporosis, debido a la mejora de la fuerza muscular y el equilibrio. Hasta el punto que el ejercicio físico entre moderado y vigoroso está asociado a una reducción del riesgo de fractura de cadera del 38% en mujeres y del 45% en hombres (Moayeri, 2008).

Con respecto al sistema articular, habíamos visto como el envejecimiento está asociado a un empeoramiento de la movilidad articular. Con intervenciones de ejercicio físico que incluyen ejercicios de amplitud de movimiento se pueden producir mejoras en la flexibilidad. Un ejemplo sería el estudio de Rider y Daly (1991), que tras

10 semanas de un programa supervisado de estiramientos estáticos (3 días semanales) en mujeres de 70 años de edad encontraron mejoras significativas en la flexibilidad lumbar (25%) y en la extensión de la columna vertebral (40%). Beneficios similares, aparte de en el tronco, también se dan en las extremidades (Spirduso, et al., 1995). Los ejercicios de flexibilidad no solo sirven para aumentar la amplitud de movimiento de las articulaciones, sino que pueden ayudar a mantener o mejorar la movilidad, mejorar el equilibrio y, pueden prevenir la aparición de lesiones musculoesqueléticas (Paterson, Jones, & Rice, 2007).

Por otro lado, la pérdida de masa muscular asociada al envejecimiento se puede reducir con ejercicio físico, tal y como informaron diversos autores citados en Shepard (1997). Dichos autores encontraron un aumento del 30% de la sección transversal del músculo después de 12 semanas de entrenamiento de fuerza muscular mediante ejercicios con pesas en hombres de 60-70 años de edad. Los autores de la revisión bibliográfica más actual de Vogel et al. (2009) apoyaron los resultados de Shepard (1997), ya que informaron del aumento de la fibra muscular (tipo I y II) de hasta el 30%; y confirmaron que dichas ganancias fueron producidas por la actividad física. El aumento de la masa muscular mediante la práctica de ejercicio físico en personas mayores se puede determinar en estudios que realizaron biopsias musculares a los participantes (Coggan, et al., 1992; Pyka, Lindenberger, Charette, & Marcus, 1994). Coggan et al. (1992), en su estudio con personas mayores sanas, informaron de un incremento significativo del área de sección transversal tanto de las fibras tipo I como las tipo II (12% y 10% respectivamente) tras 9-12 meses de intervención al 80% de la frecuencia cardíaca máxima con sesiones de 45 minutos y 4 días semanales (Coggan, et al., 1992). Pyka et al. (1994) también encontraron un incremento del área de sección transversal de las fibras de tipo I y tipo II (tipo I: a las 15 semanas $29.4 \pm 1\%$, a las 30 semanas $58.5 \pm 13.7\%$; tipo II: a las 30 semanas $66.6 \pm 9.5\%$) tras su intervención de 50 semanas con 12 ejercicios de resistencia muscular en circuito 3 días semanales en sus participantes de 68.2 ± 1 años de edad. Las implicaciones que conlleva este aumento de la masa muscular en la fuerza muscular serán ampliamente detalladas más adelante (ver sección I.8).

1.6.3.3. Beneficios neuro-cognitivos del ejercicio

A nivel neuro-cognitivo, habíamos visto como el envejecimiento afectaba negativamente a la memoria, la capacidad de aprendizaje y la atención. Todos estos aspectos se pueden mejorar mediante el ejercicio físico. En un estudio de 11 adultos sanos, se encontraron mejoras en el rendimiento de tareas de memoria y aprendizaje y mejoras del flujo sanguíneo cerebral del hipocampo tras una intervención de la fuerza resistencia de 3 meses de duración (Pereira, et al., 2007). En el meta-análisis de Colcombe & Kramer (2003), los autores sugirieron que el entrenamiento físico puede aumentar el rendimiento cognitivo de las personas mayores, que son mediados por los cambios en la activación neural. Dichos efectos se sustentan en los cambios de activación cerebral observados en estudios utilizando tomografía por emisión de positrones, imagen funcional de resonancia magnética e imagen óptica (Colcombe & Kramer, 2003). Además, una mayor actividad social está asociada con una menor tasa de deterioro cognitivo en las personas mayores (Seeman & Crimmins, 2001), lo que sugiere que si el ejercicio físico se realiza grupalmente puede ser más beneficioso para la cognición. Colcombe y Kramer (2003) en su meta-análisis revisaron un estudio que comparó los efectos de un programa de estiramientos con los efectos de una intervención caminando en cinta. En la intervención caminando se encontraron mayores mejoras en los test de atención y una mayor activación del córtex prefrontal y parietal. La carga de esta intervención fue incrementándose progresivamente, empezando por 10-15 minutos al 40-50% de la frecuencia cardiaca máxima, y finalizando con sesiones de 45 min al 60-70% de la frecuencia cardiaca máxima a los 6 meses (Colcombe & Kramer, 2003).

Así que, la evidencia científica muestra como el ejercicio físico puede ser beneficioso para paliar o mejorar algunos de los efectos negativos del envejecimiento a nivel fisiológico, físico y/o neuro-cognitivo. Y aunque no es foco de esta tesis, hoy en día el ejercicio físico está reconocido como una de las mejores medicaciones para el cerebro (Ratey & Hagerman, 2008).

El ejercicio físico es importante para la prevención y el tratamiento de enfermedades en personas mayores, dicho aspecto lo explicaremos a continuación.

1.6.3.4. Beneficios del ejercicio físico en relación a enfermedades

El ejercicio físico, además de ser beneficioso para aspectos fisiológicos, físicos y neurocognitivos, también puede contribuir en la prevención o el tratamiento de enfermedades. La relación del ejercicio físico con las enfermedades tiene un especial interés en las personas mayores porque algunas enfermedades crónicas pueden contribuir a acelerar la pérdida de funcionalidad física y la discapacidad y tiene relación con la mortalidad. Es bien sabido que la actividad física regular muestra una disminución estadísticamente significativa en el riesgo relativo de desarrollar enfermedades cardiovasculares y en las causas que producen mortalidad (Blair & Wei, 2000). A continuación expondremos algunos de los beneficios que produce el ejercicio en las personas con las enfermedades más prevalentes en personas mayores y en las que causan mayor mortalidad. Dichas enfermedades son la diabetes mellitus tipo 2, enfermedades cardiovasculares, obesidad, algunos tipos de cáncer, enfermedades relacionadas con el sistema musculo-esquelético y trastornos neurodegenerativos.

Respecto a la diabetes, en la revisión sistemática de Thomas, Elliott y Naughton (2006), los autores informaron que el ejercicio per se reduce significativamente los niveles de hemoglobina glucosilada y en consecuencia, mejora el control glucémico en las personas con diabetes mellitus tipo 2. Se dan valores de mejoría del 20-30% que pueden beneficiar al paciente mediante la reducción o incluso la eliminación de la necesidad de medicarse.

Respecto a las enfermedades cardiovasculares, los autores de la revisión de Bean et al. (2004) informaron que los programas de ejercicio con contenidos aeróbicos y/o de resistencia muscular pueden ser beneficiosos por la reducción de los factores de riesgo cardiovascular e incluso la mortalidad de origen cardíaco, que puede disminuir hasta un 31%. Un ejemplo de reducción de factores de riesgo cardiovascular es la hipertensión arterial, que se puede mejorar un 1-4% mediante intervenciones de ejercicio aeróbico de intensidad moderada o de resistencia muscular (Bean, et al., 2004). Los autores de esta misma revisión, también informaron de beneficios del ejercicio en enfermedades respiratorias. Dichos autores informaron que tanto los ejercicios de alta intensidad como los de baja intensidad pueden producir mejoras en la capacidad aeróbica que se ve afectada con los cambios fisiopatológicos que

conlleven estas enfermedades y afectan negativamente a la capacidad ventilatoria. Además, en estudios de la misma revisión encontraron que cuando las intervenciones de ejercicio han sido largas y con buenos valores de adherencia al ejercicio conlleven más beneficios debido a los cambios mitocondriales oxidativos en la musculatura esquelética (Bean, et al., 2004).

Respecto al sobrepeso y la obesidad, la disminución de la actividad física y la disminución del gasto energético del envejecimiento predisponen a las personas mayores a que acumulen más grasa (Han, et al., 2011). En las personas mayores, el sobrepeso y la obesidad puede comportar diversas consecuencias clínicas como la diabetes mellitus tipo 2, la artritis, la incontinencia urinaria o la depresión, tal y como apuntaron los autores de una reciente revisión (Han, et al., 2011). No obstante, una combinación de ejercicio físico y una modesta reducción calórica en la dieta parece ser el método ideal de reducción de grasa y preservación de la masa muscular en las personas mayores (Han, et al., 2011). Los beneficios del ejercicio físico en el sobrepeso o la obesidad en personas mayores están relacionados con la pérdida de grasa, puesto que se puede disminuir tanto la grasa total como la grasa intra-abdominal de las personas mayores (Hurley & Roth, 2000).

El riesgo de padecer algunos tipos de cáncer, como el de colon (Slattery & Potter, 2002) o el de pulmón (Friedenreich, Thune, Brinton, & Albanes, 1998) puede disminuir con el incremento de actividad física.

La práctica de ejercicio también es beneficiosa para paliar enfermedades del sistema músculo-esquelético como la osteoartritis o la osteoporosis. El ejercicio es un tratamiento efectivo para la prevención de la osteoartritis y sus consecuencias negativas según el consenso de recomendaciones prácticas de la American Geriatrics Society (2001). Según la revisión de Hurley y Roth (2000), el ejercicio físico puede reducir el dolor y aumentar la funcionalidad física de aquellas personas que tienen osteoartritis en la región de la rodilla. En cuanto a la osteoporosis, es una enfermedad que se caracteriza por la disminución de la densidad ósea, con lo cual los aspectos explicados en la sección de los beneficios físicos del ejercicio físico respecto a los beneficios en el sistema óseo son aplicables a personas con esta enfermedad (ver sección I.6.3.2). El ejercicio físico es importante para personas con osteoporosis tanto

por la prevención de la pérdida de masa ósea como por el aumento de la masa ósea mediante ejercicio físico (Layne & Nelson, 1999; Wallace & Cumming, 2000). Según la revisión de Layne y Nelson (1999) sobretodo los ejercicios con pesas son los que ayudan en la salud ósea. El ejercicio físico tiene un impacto positivo en la prevención de la pérdida de masa ósea, que según la revisión de Wallace y Cumming (2000) puede ser de un 0.9% en mujeres pre-menopáusicas y de un 1.0% en mujeres posmenopáusicas. Además, el entrenamiento con pesas de alta intensidad, en contraste con los tradicionales enfoques farmacológicos y nutricionales para la mejora de la salud ósea en personas mayores, tienen la ventaja añadida de incluir en múltiples factores de riesgo de la osteoporosis, tales como la mejora de la fuerza, el equilibrio y la masa muscular (Layne & Nelson, 1999).

El ejercicio físico puede prevenir (Larson, et al., 2006) o tratar (Blankevoort, et al., 2010; Heyn, Abreu, & Ottenbacher, 2004) trastornos neurodegenerativos como la demencia, y en concreto la enfermedad de Alzheimer. Larson et al. (2006), en su estudio con personas de 65 años o más encontraron que la actividad física está relacionada con la reducción del riesgo de sufrir demencia. En dicho estudio, los autores reportaron que el ratio de incidencia de demencia es de 13.0 por 1,000 personas al año en personas que hacen ejercicio ≥ 3 veces/semana frente al 19.7 por 1,000 personas al año en personas que se ejercitan < 3 veces/semana (Larson, et al., 2006). Blankevoort et al. (2010) realizaron una revisión de intervenciones de ejercicio en personas mayores con demencia e informaron que la actividad física es beneficiosa en personas con demencia. Según dichos autores, las multi-intervenciones y las intervenciones más largas parecen ser las que mayores beneficios aportan (Blankevoort, et al., 2010). El ejercicio físico puede mejorar el rendimiento cognitivo (Heyn, et al., 2004), además de otros aspectos como la fuerza o la capacidad funcional, que es clave en las personas con demencia.

Es posible mitigar los cambios biológicos relacionados con el envejecimiento y sus efectos asociados a la pérdida de salud y de bienestar, y se puede aumentar el promedio de esperanza de vida a través de su influencia en el desarrollo de enfermedades crónicas (Chodzko-Zajko, et al., 2009). Además, las personas mayores con alguna patología que realizan ejercicio, no solo obtienen beneficios directos sobre

su enfermedad, sino que también mejoran su estado de salud general y el riesgo cardiovascular, el perfil lipídico, la tensión arterial y el gasto energético (Bean, et al., 2004).

En síntesis, la práctica de ejercicio físico tiene una especial relevancia como prevención y como terapia. Puede ser adecuada para paliar los efectos negativos que suelen presentar las personas mayores que pueden ser atribuibles al propio envejecimiento y/o a la inactividad física, y que pueden estar agravados por la presencia de enfermedades. Afortunadamente, el envejecimiento no siempre va acompañado de ausencia de salud. Multitud de personas mayores tienen un envejecimiento con buen estado de salud y bienestar. En las personas mayores sanas el ejercicio físico es importante, pero en este caso no como una terapia, sino por su capacidad de prevención. En este tipo de población es en la que nos centraremos a lo largo del manuscrito.

Hemos introducido los efectos del ejercicio físico en las personas mayores, a nivel fisiológico, físico y neuro-cognitivo. A continuación profundizaremos en los efectos del ejercicio en los aspectos que pueden afectar a la motricidad de las personas mayores e incidir en su funcionalidad física: la marcha (ver sección 1.7), la fuerza muscular (ver sección 1.8) y el equilibrio (ver sección 1.9).

1.7. Beneficios del ejercicio en la marcha

La valoración de la marcha adquiere un especial interés en el colectivo de personas mayores por tratarse de un buen predictor de la aparición de la dependencia funcional en las personas mayores, tal y como hemos explicado en la sección del envejecimiento y la marcha (ver sección 1.3). De hecho, la marcha es la valoración de funcionalidad física más utilizada en personas mayores, junto con el equilibrio según la revisión realizada por Keysor et al. (2001) (68% y 42% de los estudios revisados, respectivamente). En secciones anteriores también se pueden consultar los valores de referencia y los sistemas de medición más habituales de la velocidad de marcha (sección 1.3.4). A continuación expondremos los tipos de intervenciones que pueden

mejorar la marcha (ver sección I.7.1) y los efectos que puede comportar el ejercicio físico en la marcha de las personas mayores (ver sección I.7.2).

I.7.1. Intervenciones de ejercicio para la mejora de la marcha en personas mayores

Hemos explicado previamente como la práctica de ejercicio físico puede paliar los efectos generales del envejecimiento sobre el organismo, pues bien, en el caso concreto de la marcha se da una situación similar. Esta noción de que el ejercicio físico puede tener un impacto beneficioso sobre la marcha en las personas mayores, en concreto sobre la velocidad de marcha, está apoyada por los autores de diversas revisiones sistemáticas (Latham, Bennett, Stretton, & Anderson, 2004; Lopopolo, et al., 2006; Mian, et al., 2007). Primero vamos a exponer la evidencia respecto a los beneficios del ejercicio en la marcha en global, y más tarde profundizaremos en la velocidad de marcha. Mian et al. (2007) explicaron que existe amplia evidencia científica sobre el impacto beneficioso en diversos aspectos de la función locomotora en las personas mayores que participan en un programa de ejercicio físico. Según los autores de esta revisión sistemática, estos beneficios se dan incluso en personas muy mayores, con enfermedades crónicas o con limitaciones funcionales (Mian, et al., 2007). Basándonos en la evidencia actual, sabemos que las mejoras en la marcha se dan después de 4-6 semanas de entrenamiento, pero se desconocen las características de la carga (i.e. intensidad, duración de la sesión, frecuencia) y los contenidos (e.g. fuerza muscular, equilibrio, resistencia aeróbica, coordinación...) óptimos para la mejora de la marcha en personas mayores (Mian, et al., 2007). En cuanto a la carga, se suelen encontrar intervenciones que se ajustan a las recomendaciones de la OMS, la AHA y la ACSM que hemos explicado anteriormente (ver sección I.1.3). No obstante, algunos estudios realizaron intervenciones con menor frecuencia semanal, como por ejemplo algunos revisados por Keysor y Jette (2001). En cuanto a los contenidos de la intervención, existen recomendaciones que indican que para la mejora de la marcha pueden realizarse uni-intervenciones respecto del contenido con entrenamiento únicamente de fuerza muscular, o bien multi-intervenciones que pueden mejorar

distintos aspectos de la función fisiológica necesarios para el rendimiento de la marcha (Mian, et al., 2007) y suplementan el entrenamiento de fuerza con actividades aeróbicas, de equilibrio o de coordinación. Por otro lado, en diseños con intervenciones específicas de marcha (Malatesta, Simar, Saad, Prefaut, & Caillaud, 2010), en intervenciones tradicionales (Buchner, et al., 1997; Sipila, et al., 1996) o en intervenciones de gimnasias dulces (Tsang, Orr, Lam, Comino, & Singh, 2007) también hay autores que encontraron beneficios en la marcha de personas mayores. No obstante, no hemos encontrado evidencia de mejora de la marcha en intervenciones con la presencia de animales. A pesar de que multitud de diseños parecen producir mejoras en la marcha, lo cierto es que no se ha consensuado qué tipo de intervención es la ideal para la mejora de la velocidad de marcha en las personas mayores.

En la revisión realizada por Keysor y Jette (2001), 21 estudios examinaron los efectos del ejercicio en la marcha en las personas mayores, en concreto con intervenciones de fuerza muscular y/o ejercicio aeróbico, y un 67% de estos informó de mejoras en la marcha del grupo experimental en comparación con el grupo control. El entrenamiento de fuerza muscular con cargas ligeras (e.g. usando el propio peso corporal, bandas elásticas o tobilleras lastradas) es suficiente para mejorar la función locomotora de personas mayores frágiles (Krebs, Jette, & Assmann, 1998), mientras que las personas mayores sanas e independientes necesitan cargas más elevadas (e.g. usando máquinas de pesas) (Kalapotharakos, Michalopoulos, Tokmakidis, Godolias, & Gourgoulis, 2005; Lamoureux, Sparrow, Murphy, & Newton, 2003; Schlicht, Camaione, & Owen, 2001). Hay uni-intervenciones de contenido aeróbico, o también denominadas intervenciones específicas, que mejoraron la función locomotora mediante intervenciones caminando (Malatesta, et al., 2010; Rooks, et al., 1997). Este tipo de intervenciones caminando son comunes porque no se necesita equipamiento o supervisión y es accesible para muchas personas (Mian, et al., 2007). No obstante, no en todos los tipos de intervenciones se producen mejoras, de hecho según Mian et al. (2007), las intervenciones que incluyeron únicamente ejercicios de flexibilidad no encontraron evidencia de que produjese mejoras en el rendimiento de la marcha en personas mayores sanas.

Una vez introducida la evidencia de las mejoras del ejercicio físico en el rendimiento de la marcha en general de las personas mayores, procedemos a explicar los beneficios de ciertas intervenciones de ejercicio sobre la velocidad de marcha. Dichas mejoras pueden darse en la máxima velocidad de marcha y/o en la velocidad de marcha preferida. En el meta-análisis de intervenciones de ejercicio terapéutico en personas mayores realizado por Lopopolo et al. (2006), los autores informaron que la mayoría de los estudios revisados que valoraron la velocidad de marcha encontraron mejoras tras la intervención de ejercicio físico (en 11 de los 12 estudios que valoraron la máxima velocidad de marcha y en 15 de los 18 estudios que valoraron la velocidad de marcha preferida) (Lopopolo, et al., 2006). Las intervenciones que tienen como objeto la mejora de la velocidad de marcha mediante la práctica de ejercicio físico se puede orientar tanto a personas mayores sanas como a personas mayores con discapacidad y/o enfermedad. Las personas mayores sanas se pueden beneficiar del efecto positivo del ejercicio sobre la velocidad de marcha como prevención, con el objetivo de demorar la aparición de la pérdida de funcionalidad física. Mientras que las personas mayores que padecen alguna enfermedad y/o discapacidad física pueden participar en un programa de ejercicio físico como tratamiento, con el fin de mejorar la velocidad de marcha, y por tanto su función en actividades de la vida diaria. Así que, parece que el ejercicio físico es una buena herramienta para la mejora de la velocidad de marcha en personas mayores.

1.7.2. Efectos del ejercicio físico en la marcha

Algunos ejemplos concretos de estudios con intervenciones de ejercicio físico en los que se produjo un efecto positivo sobre la velocidad de marcha en personas mayores sanas (Lord, Lloyd, Nirui, et al., 1996; Malatesta, et al., 2010; Sipilä, et al., 1996), relativamente sanas (Cress, et al., 1999) o frágiles (Giné-Garriga, Guerra, Pagès, et al., 2010) residentes en su domicilio en la comunidad los expondremos a continuación. Dichos estudios muestran beneficios tanto en la velocidad de marcha preferida como en la máxima velocidad de marcha. En el reciente estudio de Malatesta et al. (2010), los autores realizaron una intervención de siete semanas de ejercicio físico con

personas mayores caminando siguiendo las recomendaciones de carga de la AHA y la ACSM (Nelson, et al., 2007) e informaron de un efecto positivo significativo en la velocidad de marcha preferida del 12% en el grupo experimental ($1.19\pm 0.07\text{m/s}$ y $1.34\pm 0.11\text{m/s}$, en pre-intervención y post-intervención, respectivamente), mientras que el grupo control no presentó cambio. En el estudio de Lord, Lloyd, Nirui et al. (1996), aplicaron una intervención de 10 semanas de ejercicio tradicional que incluyó diversos contenidos (e.g. ejercicio aeróbico, actividades para el equilibrio, ejercicios de fortalecimiento muscular) a mujeres de 60-83 años. Los autores informaron de mejoras en diversos aspectos de la marcha del grupo experimental, mientras que el grupo control no cambió. Dichas mejoras incluyeron algunos parámetros de la marcha (e.g. cadencia, longitud de zancada, tiempo de apoyo) y, en concreto, un aumento significativo del 5.9% de la velocidad de marcha preferida ($1.12\pm 0.19\text{m/s}$ y $1.18\pm 0.18\text{m/s}$, en pre-intervención y post-intervención, respectivamente). Las participantes del estudio de Sipila et al. (1996) eran mujeres de 76-78 años sin enfermedades graves ni discapacidades funcionales que en pre-intervención tenían un promedio de máxima velocidad de marcha de alrededor de 1.6m/s . Después de 18 semanas de ejercicio físico, mejoraron significativamente su velocidad de marcha en un 10.6% y 11.6% (intervención de resistencia cardiovascular e intervención con ejercicios de fuerza intensiva, respectivamente). En el estudio de Cress et al. (1999) con personas relativamente sanas de 70 años o más, obtuvieron mejoras en la velocidad de marcha preferida tras su intervención de seis meses de duración que incluyó ejercicio de resistencia cardiovascular y de fuerza muscular a una intensidad del 75-80% de la 1RM. El grupo experimental tenía en pre-intervención una velocidad de marcha preferida de $1.46\pm 0.2\text{m/s}$ y obtuvo un cambio positivo de $0.05\pm 0.16\text{m/s}$. Giné-Garriga et al. (2010) valoraron los efectos de su intervención de 12 semanas de entrenamiento en circuito funcional en personas frágiles de 80-90 años, y encontraron mejoras del 15.3% en la máxima velocidad de marcha de sus participantes del grupo experimental ($1.11\pm 0.1\text{m/s}$ y $1.28\pm 0.1\text{m/s}$, en pre-intervención y post-intervención, respectivamente), mientras que el grupo control no cambió.

En contraposición a los efectos positivos del ejercicio físico en la velocidad de marcha, hay autores que no encontraron mejoras. Buchner et al. (1997) no encontraron

mejoras en la velocidad de marcha preferida tras dos intervenciones distintas de seis meses de duración en sus participantes de 68-85 años (una intervención fue con máquinas de pesas y la otra fue de resistencia cardiovascular en bicicleta).

Hemos encontrado escasa evidencia respecto a la retención de los efectos del ejercicio físico en la velocidad de marcha. De los estudios revisados, únicamente dos publicaciones que encontraron mejoras en la velocidad de marcha de personas mayores como efecto de la intervención de ejercicio físico incluyeron valoración de seguimiento, en la cual se pudo analizar la retención de dichos efectos (Giné-Garriga, Guerra, Pagès, et al., 2010; Protas & Tissier, 2009). Giné-Garriga et al. (2010) informaron que la máxima velocidad de marcha de sus participantes del grupo experimental fue significativamente mejor a los seis meses de haber finalizado la intervención de 12 semanas de duración en comparación a la pre-intervención ($1.11\pm 0.1\text{m/s}$ y $1.23\pm 0.1\text{m/s}$, en pre-intervención y retención, respectivamente). Protas y Tissier (2009) también informaron que la velocidad de marcha de sus participantes fue significativamente mejor a los cinco meses de haber finalizado la intervención de tres meses de duración en comparación a la pre-intervención ($1.03\pm 0.2\text{m/s}$ y $1.46\pm 0.3\text{m/s}$, en pre-intervención y retención, respectivamente).

I.8. Beneficios del ejercicio físico en la fuerza

La pérdida de masa muscular y el efecto negativo del envejecimiento sobre la función muscular que hemos explicado anteriormente (ver sección I.4) puede ser prevenido o tratado con el ejercicio físico, tal y como se expondrá a continuación.

Ciertos niveles de fuerza muscular son imprescindibles para las personas mayores para desarrollar innumerables actividades de la vida diaria como subir escaleras, llevar las bolsas de la compra, levantarse del sofá o salir del coche. La fuerza en las personas mayores es necesaria para preservar la capacidad de participar en actividades sociales y continuar realizando aficiones de toda la vida como ir a bailar o viajar en vacaciones. Además, la fuerza muscular adquiere una importante relevancia en la disminución del riesgo de caída y en la disminución de las lesiones ocasionadas por caídas. Puesto que una adecuada fuerza de extremidades inferiores puede corregir pérdidas

momentáneas de equilibrio, y una adecuada fuerza de la musculatura de extremidades superiores, y del resto del cuerpo, puede reducir la cantidad de lesiones en caso de caída porque estabiliza las articulaciones durante la caída y/o porque soporta mejor el impacto contra el suelo (Spirduso, et al., 1995).

Debido al especial interés del mantenimiento o la mejora de la fuerza muscular en personas mayores, a continuación expondremos los tipos de intervenciones que pueden mejorar la fuerza muscular (ver sección I.8.1) y los efectos que puede comportar el ejercicio físico en la fuerza muscular de las personas mayores (ver sección I.8.2).

I.8.1. Intervenciones de ejercicio para la mejora de la fuerza en personas mayores

Numerosos tipos de intervenciones de ejercicio físico pueden mejorar la fuerza muscular de personas mayores, así que a continuación vamos a exponer la evidencia existente respecto a los tipos de intervenciones y los aspectos relacionados con la carga de la intervención (i.e. duración de la intervención, intensidad y frecuencia semanal).

Diversos son los autores que han revisado estudios que incluyen intervenciones de ejercicio físico en personas mayores e incluyen valoraciones de fuerza muscular (Latham, et al., 2004; Shepard, 1997; Skelton & Beyer, 2003). Según los autores de dos revisiones, el entrenamiento con contenidos de fuerza con resistencias mejora la fuerza de las personas mayores en general (Latham, et al., 2004; Skelton & Beyer, 2003). Latham et al. (2004), a pesar de la heterogeneidad de los estudios de su revisión, recomendaron el entrenamiento de fuerza resistencia con incrementos de intensidad de forma progresiva, debido al gran efecto positivo sobre la mejora de la fuerza muscular en personas mayores. Dichos autores informaron que tanto las persona mayores residentes en su domicilio en la comunidad, como las que residían en instituciones mejoraron su fuerza mediante este tipo de intervenciones de ejercicio. Skelton y Beyer (2003), en su revisión también informaron que las intervenciones con ejercicios de fuerza con resistencias pueden mejorar la fuerza muscular, incluyendo la

potencia muscular, tanto en las personas mayores jóvenes como en las muy mayores. No obstante, Skelton y Beyer (2003) recomendaron ejercicios de alta intensidad y no de intensidad progresiva como Lathan et al. (2004). Algunos estudios revisados por Skelton y Beyer (2003) con ejercicios de fuerza a baja intensidad mejoraron la fuerza muscular de personas mayores frágiles, no obstante, no la mejoraron o la mejoraron muy poco en personas mayores sanas. Así que, las intervenciones de ejercicio físico con contenidos de fuerza resistencia están aceptadas como una buena forma de mantener o mejorar la función física en las personas mayores, y está recomendado tanto en personas mayores residentes en su domicilio en la comunidad como en residentes en instituciones (Bean, et al., 2004). Por otro lado, con las intervenciones de ejercicio físico con contenido fundamentalmente aeróbico para personas mayores no se prevé una gran ganancia de fuerza muscular (Shepard, 1997).

En cuanto a la carga de las intervenciones de ejercicio físico para personas mayores, las duraciones de las intervenciones son muy dispares. Skelton y Beyer (2003) revisaron estudios con intervenciones específicas de ejercicios con resistencias de 8-88 semanas de duración. Cabe destacar que las intervenciones de 12 semanas de duración parecen ser las más comunes cuando se trata de ejercicios de fuerza de alta intensidad, mientras que la duración de las multi-intervenciones que combinaron entrenamiento de baja intensidad de fuerza con resistencias junto con otros tipos de contenidos fue de 22-25 semanas (Skelton & Beyer, 2003). En cuanto a la frecuencia semanal de dichas intervenciones no hay tanta disparidad, puesto que suelen ser de tres días en estudios de fuerza con resistencias que utilizan cargas entre moderadas y altas (Skelton & Beyer, 2003).

A pesar de la inconsistencia en referencia a las características concretas de intervenciones de ejercicio (contenidos, intensidad, frecuencia, periodo de entrenamiento), en las intervenciones que cumplen las recomendaciones de la ACSM y la AHA (Nelson, et al., 2007) se suelen producir mejoras en la fuerza muscular de las personas mayores con diversos tipos de intervenciones de ejercicio. A continuación vamos a explicar los efectos que produce el ejercicio físico en la fuerza muscular de las personas mayores.

I.8.2. Efectos del ejercicio físico en la fuerza

Ahora que hemos explicado como diversos tipos de intervenciones de ejercicio mejoran la fuerza muscular en las personas mayores y, en consecuencia, pueden ralentizar parte de los efectos negativos propios del envejecimiento en este aspecto, cabe preguntarse en qué medida el ejercicio físico puede mejorar la fuerza muscular. Vamos a ir detallando los efectos que producen ciertas intervenciones de ejercicio físico sobre la fuerza muscular en personas mayores.

Según los autores revisados por Vogel et al. (2009), los incrementos de fuerza muscular con el ejercicio podrían explicarse por los aumentos en la masa muscular. La actividad física tanto en personas mayores jóvenes como en personas muy mayores está relacionada con ganancias del 10-180% de fuerza muscular en general, que es comparable con un “rejuvenecimiento” de entre 10 y 20 años de edad. En las décadas de los 80-90, hubo numerosos estudios con intervenciones de ejercicio físico que encontraron mejoras de la fuerza muscular en personas mayores (Cress, et al., 1999; Frontera, Meredith, O'Reilly, Knuttgen, & Evans, 1988; Lord, Lloyd, Nirui, et al., 1996; Lord, Ward, Williams, & Strudwick, 1995; Menkes, et al., 1993; Pyka, et al., 1994; Rooks, et al., 1997). Frontera et al. (1988), tras su intervención con ejercicios al 80% de la 1RM durante 12 semanas con hombres sanos desentrenados (60-72 años), informaron de una mejora del 107% y del 227% de la 1RM en los extensores y flexores de rodilla, respectivamente. Menkes et al. (1993), tras una intervención de ejercicio de 16 semanas en hombres sedentarios (59 ± 2 años), también encontraron mejoras en la fuerza muscular de extensores de rodilla; dichos aumentos fueron del 32% y del 45% en la fuerza isocinética a 60 grados de flexión de rodilla y en la fuerza en un test de 3RM, respectivamente. Pyka et al. (1994), tras su intervención con ejercicios con resistencias de 12 meses de duración a personas mayores (68 ± 2 años), informaron que la fuerza muscular del grupo experimental aumentó un 30% y un 97% en extensores de cadera y flexores de cadera, respectivamente. Lord, Lloyd, Nirui, et al. (1996), tras su multi-intervención de 22 semanas con mujeres mayores de 60 años, encontraron mejoras del 20.6% en la fuerza de extensores de rodilla. El mismo autor principal ya informó en un estudio previo de beneficios del ejercicio físico en mujeres de 60-85 años (Lord, et al., 1995). En dicho estudio, Lord et al. (1995) encontraron

mejoras significativas de la fuerza máxima de distintos grupos musculares tanto a las 22 semanas de iniciar la intervención como a los 12 meses (multi-intervención de 2 sesiones semanales de 60 minutos cada una). Estas mejoras fueron en musculatura de flexión dorsal del tobillo ($7.8 \pm 2.4\text{Kg}$, $9.0 \pm 2.1\text{Kg}$, $9.0 \pm 1.9\text{Kg}$; pre-intervención, 22 semanas y 12 meses, respectivamente), extensión de la rodilla ($22.2 \pm 6.8\text{Kg}$, $26.8 \pm 8.1\text{Kg}$, $28.1 \pm 9.5\text{Kg}$; pre-intervención, 22 semanas y 12 meses, respectivamente), flexión de la rodilla ($12.4 \pm 3.9\text{Kg}$, $14.2 \pm 4.0\text{Kg}$, $13.9 \pm 4.1\text{Kg}$; pre-intervención, 22 semanas y 12 meses, respectivamente), extensión de cadera ($22.6 \pm 7.9\text{Kg}$, $23.7 \pm 7.7\text{Kg}$, $24.7 \pm 8.0\text{Kg}$; pre-intervención, 22 semanas y 12 meses, respectivamente) y flexión de cadera ($23.9 \pm 6.7\text{Kg}$, $27.0 \pm 6.9\text{Kg}$, $28.1 \pm 7.8\text{Kg}$; pre-intervención, 22 semanas y 12 meses, respectivamente). En el estudio de Rooks et al. (1997), los autores realizaron dos intervenciones de 10 meses de duración con personas mayores que vivían independientemente en la comunidad, la primera con un protocolo de ejercicios de resistencia muscular auto-administrado y la segunda caminando. Encontraron mejoras en la fuerza máxima de extensores de rodilla en la primera intervención (1RM pre-intervención: $20.9 \pm 4.9\text{Kg}$; 1RM post-intervención: $34.5 \pm 7.1\text{Kg}$) mientras que la segunda intervención y el grupo control no produjeron cambio alguno significativo (Rooks, et al., 1997). Cress et al. (1999), tras su intervención de seis meses de resistencia cardiovascular junto con fuerza muscular al 75-80% de la 1RM en personas mayores sanas (76 ± 4 años), informaron que sus participantes previnieron la pérdida de fuerza muscular de extensores de rodilla y mejoraron la fuerza de prensión de mano un 3%.

Publicaciones más actuales han seguido en la misma línea, mostrando efectos positivos del entrenamiento físico sobre la fuerza muscular en personas mayores. Como en los estudios de Sousa y Sampaio (2005), Bellew et al. (2003), Serra-Rexach et al. (2011) y Henwood y Taaffe (2005), que encontraron mejoras del 17-82% en la fuerza máxima de piernas tras sus intervenciones de ejercicio físico. Los autores de los dos primeros estudios encontraron mejoras en la fuerza muscular tras sus intervenciones de ejercicio físico de 12 semanas de duración, mientras que los autores de los dos últimos estudios encontraron mejoras en la fuerza muscular de sus participantes con intervenciones más cortas, de ocho semanas de duración. Sousa y Sampaio (2005)

realizaron una intervención específica de 12 semanas en personas de 65-85 años que vivían en medio rural y encontraron mejoras del 47% en la fuerza máxima de piernas. En el estudio de Bellew et al. (2003) también encontraron incrementos de fuerza máxima tras su intervención de 12 semanas de ejercicios de fuerza muscular, tanto en hombres como en mujeres. Encontraron mejoras significativas en la fuerza máxima de extensión de rodilla (hombres: $664.7 \pm 97.5\text{N}$, $834.0 \pm 97.1\text{N}$; mujeres: $353.8 \pm 65.9\text{N}$, $458.9 \pm 82.8\text{N}$; en pre-intervención y post-intervención, respectivamente), de prensa de piernas (hombres: $1662.9 \pm 298.9\text{N}$, $2077.4 \pm 375.7\text{N}$; mujeres: $1066.5 \pm 204.8\text{N}$, $1314.2 \pm 243.9\text{N}$; en pre-intervención y post-intervención, respectivamente) y la fuerza máxima isométrica de cuádriceps (hombres: $560.9 \pm 98.4\text{N}$, $623.1 \pm 88.2\text{N}$; mujeres: $341.4 \pm 47.2\text{N}$, $392.6 \pm 45.5\text{N}$; en pre-intervención y post-intervención, respectivamente). Serra-Rexach et al. (2011) evaluaron los efectos de una intervención de fuerza muscular de extremidad inferior y encontraron que sus participantes (personas muy mayores: de 90-97 años) del grupo experimental mejoraron significativamente la fuerza máxima de prensa de piernas (17%) pero no la fuerza máxima de prensión de mano. Por otro lado, Henwood y Taaffe (2005) evaluaron la fuerza máxima dinámica de numerosos grupos musculares de extremidad superior e inferior y también valoraron la potencia muscular de extremidad inferior. Encontraron que sus participantes (personas mayores sanas de 60-80 años) del grupo experimental mejoraron significativamente, tras su intervención de ejercicio físico con resistencias a alta velocidad, la fuerza máxima dinámica de todos los grupos musculares (i.e. 21.4-82.0%, para la prensa de piernas y la extensión de rodilla, respectivamente). Dichas mejoras se produjeron en extremidad superior ($29.4 \pm 16.3\%$) y en extremidad inferior ($42.6 \pm 18.1\%$). No obstante, la potencia muscular no mejoró significativamente. Respecto a la mejora de la potencia muscular, hay cierta controversia de resultados debido a que hay autores que informaron de mejoras como efecto de intervenciones de ejercicio en personas mayores (Skelton & Beyer, 2003), pero otros no encontraron mejoras (Earles, Judge, & Gunnarsson, 2001; Fielding, et al., 2002), tal como acabamos de exponer en base a los resultados de Henwood y Taaffe (2005). Las intervenciones de fuerza con resistencias de alta intensidad parecen ser las que mejor efecto producen en la potencia muscular (Skelton & Beyer, 2003). No obstante, cuando la

intervención de fuerza con resistencias es con incrementos progresivos de intensidad no produce mejoras en la potencia muscular, ya que los ejercicios deberían ejecutarse a altas velocidades para mostrar incrementos de la potencia muscular (Earles, et al., 2001; Fielding, et al., 2002).

Los efectos del ejercicio también se manifiestan en poblaciones de personas mayores frágiles residentes en su domicilio en la comunidad (Serra-Rexach, et al., 2011) o en instituciones (Fiatarone, et al., 1994). Las personas mayores frágiles del estudio de Giné-Garriga et al. (2010) mejoraron su fuerza de extensores de rodilla izquierda a 60 grados de flexión un 19.5% tras 12 semanas de entrenamiento en circuito funcional. Mientras que las personas muy mayores frágiles residentes en instituciones del estudio de Fiatarone et al. (1994) mejoraron un 114% su fuerza muscular tras 10 semanas de ejercicios progresivos con resistencias.

La gran diversidad en cuanto a la cantidad de mejora de la fuerza muscular puede ser debida a múltiples factores que incluyen el tipo de diseño de la intervención y el tipo de población. No obstante, parece que el ejercicio físico, cuando contempla actividades con resistencias, parece ser potencialmente eficaz para la mejora de la fuerza muscular en personas mayores de diversos perfiles (e.g. mayores jóvenes / muy mayores, que residen en su domicilio en la comunidad / en instituciones, sanos / frágiles).

Tal y como ocurrió con la retención en la velocidad de marcha, hemos encontrado escasa evidencia de la retención de los efectos del ejercicio físico en la fuerza muscular en personas mayores. De los estudios revisados, únicamente cuatro publicaciones que encontraron mejoras en la fuerza muscular como efecto de la intervención de ejercicio físico incluyeron valoración de seguimiento, en la que se pudo analizar la retención de dichos efectos (Buchner, et al., 1997; Giné-Garriga, Guerra, Pagès, et al., 2010; Protas & Tissier, 2009; Serra-Rexach, et al., 2011). Buchner et al. (1997) y Serra-Rexach et al. (2011) encontraron una retención parcial de las mejoras en la fuerza muscular del 9-63%, mientras que Protas y Tissier (2009) y Giné-Garriga et al. (2010) no encontraron retención. Buchner et al. (1997) encontraron que a los tres meses de haber finalizado sus dos intervenciones de ejercicio físico de seis meses de duración, se retuvieron parcialmente dichos beneficios en comparación a la pre-intervención (67.2% y 9.1% en

su intervención de fuerza y resistencia, respectivamente). Serra-Rexach et al. (2011) también encontraron una retención parcial en la fuerza de piernas (63%) a las cuatro semanas de haber finalizado su intervención de ocho semanas de ejercicio de fuerza de extremidad inferior en sus participantes muy mayores. En contraposición, Protas y Tissier (2009) no encontraron retención en la fuerza muscular, puesto que a los 3-6 meses de haber finalizado su intervención de tres meses de ejercicio físico tradicional, la fuerza muscular volvió a su valor inicial. Giné-Garriga et al. (2010) encontraron una retención en la misma línea, nula, puesto que a los seis meses de haber finalizado su intervención de 12 semanas de entrenamiento en circuito funcional los beneficios en la fuerza de extensores de rodilla izquierda se perdieron totalmente.

I.9. Beneficios del ejercicio físico en el equilibrio

En el capítulo de los beneficios del ejercicio sobre la marcha, habíamos visto como la marcha junto con el equilibrio son las valoraciones de funcionalidad física más utilizadas en las personas mayores según la revisión realizada por Keysor et al. (2001). Las valoraciones de equilibrio adquieren importancia en las personas mayores por la conocida relación entre la disminución de la capacidad para mantener el equilibrio y el mayor riesgo de caídas así como la dificultad para mantener una vida independiente (Lacour, et al., 2008).

Tal y como habíamos comprobado en secciones anteriores, es cierto que está asociado a la edad un empeoramiento del control del equilibrio (ver sección I.5). No obstante, cabe preguntarse si mediante la práctica ejercicio físico se pueden minimizar estos efectos negativos propios del envejecimiento. Petrella et al. (1997) encontraron que el ejercicio físico regular puede atenuar el declive de la propiocepción propio del envejecimiento y disminuir la incidencia de caídas en personas mayores. Tal y como afirmaron Lacour et al. (2008) en su revisión de la literatura sobre el equilibrio y la función cognitiva, el envejecimiento no tiene porqué producir un inevitable cambio en el control postural, ya que hay personas mayores que realizan una rutina de ejercicio físico diariamente y muestran rendimiento similar a los adultos, no solo en su estabilidad postural como muestra su desplazamiento del CdP no alterado, sino que

también controlan su postura usando mecanismos y estrategias similares. Así que parece que el ejercicio físico regular puede ser una buena estrategia para reducir el deterioro del equilibrio en personas mayores, así como la incidencia de caídas (Lacour, et al., 2008; Petrella, et al., 1997).

A lo largo de las siguientes secciones veremos qué tipo de intervenciones pueden ayudar a la mejora del equilibrio en las personas mayores (ver sección I.9.1) y qué tipo de efecto puede producir el ejercicio sobre los distintos parámetros del control del equilibrio (ver sección I.9.2).

I.9.1. Intervenciones de ejercicio para la mejora del equilibrio en personas mayores

Numerosos estudios avalan la visión recopilada en el libro de Shepard (1997) de que la actividad física practicada de forma regular puede mejorar el equilibrio y por lo tanto la marcha y la funcionalidad física en las personas mayores. Sin embargo, hay estudios que no muestran mejorías significativas en el control del equilibrio tras una intervención de ejercicio. A continuación vamos a exponer un extracto de los tipos de intervenciones que pueden mejorar el equilibrio de las personas mayores.

En una revisión sistemática sobre la eficacia del entrenamiento progresivo de fuerza con resistencias en el equilibrio de personas mayores (Orr, Raymond, & Fiatarone Singh, 2008), los autores encontraron intervenciones de 8-104 semanas de duración, con sesiones de 35-90 minutos de duración y una frecuencia de 2-3 días semanales. Según los autores de esta revisión, el equilibrio pseudo-estático es el más extensamente valorado (comprende el 40% del número total de tests realizados) y suele medirse bajo las condiciones de ojos abiertos y de ojos cerrados. Orr et al. (2008) confirmaron la controversia respecto a los efectos del ejercicio en el equilibrio en personas mayores, puesto que informaron que no todas las intervenciones de ejercicio progresivo de fuerza con resistencias producían mejoras en el equilibrio. Dichos autores encontraron mejorías estadísticamente significativas en el 26% de los tests de equilibrio pseudo-estáticos y en el 14% de los tests de equilibrio dinámico.

En otra revisión sistemática sobre el ejercicio para la mejora del equilibrio en personas mayores (Howe, et al., 2007), los autores incluyeron ensayos que evaluaron intervenciones de ejercicio físico específicas diseñadas para la mejora del equilibrio. Aunque encontraron una gran heterogeneidad en las intervenciones, los autores observaron mejorías estadísticamente significativas de la capacidad para mantener el equilibrio evaluada con diversas medidas de resultado. Howe et al. (2007) informaron de intervenciones de 4-12 meses de duración (más frecuentemente de tres meses) y con una frecuencia de 0.5-7 días semanales (habitualmente tres veces por semana durante una hora). Los contenidos de los estudios revisados incluyeron ejercicios musculares contra una fuerza externa para mantener el centro de masas dentro de los límites flexibles de la base de sustentación o durante el tránsito a una nueva base de sustentación. Algunos ejemplos de intervenciones son con actividades de marcha, equilibrio, coordinación y funcionales; ejercicios de fortalecimiento, incluyendo entrenamiento de fuerza resistencia o de fuerza máxima; gimnasias dulces, incluyendo tai chi, gi gong, baile y yoga; actividad física general, incluyendo intervenciones caminando o con bicicleta estática; e intervenciones múltiples (que son una combinación de las anteriores). Howe et al. (2007) informaron de mejorías estadísticamente significativas en todos los tipos de intervenciones al comparar los resultados de equilibrio del grupo intervención con el grupo control; excepto en la intervención con bicicleta estática, que solamente mostró una tendencia hacia la mejora.

Los autores de estas dos revisiones sistemáticas (Howe, et al., 2007; Orr, et al., 2008) reportaron que no cualquier tipo de ejercicio físico mejora el equilibrio de las personas mayores. Un ejemplo de la ausencia de mejora en el control del equilibrio podría ser el encontrado en el estudio de Bellew et al. (2003), en el que valoraron a 11 mujeres y 11 hombres de entre 59 y 83 años. En dicho estudio, los autores informaron que tras una intervención de fuerza durante 12 semanas con una frecuencia de 2 días semanales (con ejercicios de entre el 40% y el 60% de 1RM) no encontraron mejoras en el control del equilibrio AP ni ML. No obstante, parece que cuando se diseñan intervenciones de ejercicio con el propósito expreso de mejorar el equilibrio en personas mayores suelen tener éxito (Howe, et al., 2007; Orr, et al., 2008). Además, en personas mayores

residentes en instituciones se dan resultados en la misma línea. Rydwick et al. (2004), en su revisión sistemática afirmaron que para que las personas mayores que viven en instituciones mejoren el equilibrio se debe hacer un entrenamiento específico, aunque parece que en combinación con el entrenamiento de fuerza es como mejores ganancias del equilibrio se producen. Así que, a pesar de que está ampliamente referenciado que hay intervenciones de ejercicio físico que mejoran el equilibrio de personas mayores, todavía hay incertidumbre sobre las características concretas del tipo de ejercicio para la obtención de mejoras óptimas en el equilibrio (Howe, et al., 2007). A continuación vamos a exponer los efectos que producen en el equilibrio ciertas intervenciones de ejercicio físico en personas mayores.

1.9.2. Efectos del ejercicio físico en el equilibrio

Ahora que sabemos que hay intervenciones de ejercicio físico que mejoran el equilibrio de las personas mayores, y en consecuencia, que pueden ralentizar parte de los efectos negativos propios del envejecimiento, cabe preguntarse en qué medida el ejercicio físico puede mejorar los distintos parámetros del equilibrio. Se van a ir detallando los efectos que producen ciertas intervenciones de ejercicio físico sobre el equilibrio e incluyendo condiciones que habíamos visto en secciones anteriores que estaban relacionadas con sistemas deteriorados por el envejecimiento. Recordemos que la condición de ojos cerrados guarda relación con los sistemas sensoriales y la condición de tarea doble con la atención.

La actividad física puede minimizar los efectos del envejecimiento en el control postural, y así lo manifestaron Prioli, Freitas y Barela (2005) al comparar personas mayores sedentarias con personas mayores activas. A continuación presentamos los resultados de diversos estudios que valoraron los efectos de intervenciones de ejercicio físico en el equilibrio de las personas mayores con mediciones indirectas y más adelante presentaremos los que utilizaron mediciones directas del equilibrio. En la revisión de Howe et al. (2007) los autores informaron de la mejor capacidad para mantener el equilibrio en el grupo de intervención de ejercicio físico en comparación con el grupo control en numerosas pruebas de equilibrio como la posición en una sola

pierna con ojos abiertos, la prueba de alcance funcional o la escala del equilibrio de Berg. En concreto, en el estudio de Rooks et al., (1997) los autores incluyeron mediciones indirectas de equilibrio pseudo-estático (duración de posición sobre un pie con ojos abiertos y con ojos cerrados, y duración de posición en tándem) y de equilibrio dinámico (prueba de caminar en tándem). 131 personas de entre 65 y 95 años residentes en su domicilio en la comunidad fueron divididas en un grupo control y dos grupos de intervención: uno de entrenamiento de resistencia y otro caminando (3 sesiones semanales durante 10 meses). En este estudio, los autores informaron de mejorías estadísticamente significativas del 14-98% en el control del equilibrio tras la intervención en los grupos de intervención en varias pruebas de equilibrio. En el test de duración de posición sobre un pie con ojos abiertos se encontraron mejorías del 98% en la intervención de entrenamiento de resistencia y del 39% en la intervención caminando, mientras que el grupo control no cambió. En el test de aguantar la posición en tándem se encontraron mejorías del 16% en la intervención de entrenamiento de resistencia y del 23% en la intervención caminando, mientras que el grupo control empeoró un 14%.

Así que hemos encontrado mejorías en el equilibrio valorado de forma indirecta tras ciertas intervenciones de ejercicio físico en personas mayores. Pero, ¿qué ocurre tras intervenciones de ejercicio físico en la medición directa del equilibrio en personas mayores?

Lord et al. (1995) realizaron 12 meses de intervención, 2 veces por semana, 1 hora cada sesión con contenidos de condicionamiento general y estiramientos, con muchas actividades con soporte musical en una muestra de mujeres de 60-85 años. Los autores midieron el área del CdP durante un periodo de 30 segundos y encontraron ciertas mejoras en el equilibrio del grupo experimental, mientras que el grupo control no cambió. En el equilibrio pseudo-estático con ojos abiertos hubo una mejora significativa del 7% tras la intervención (valor medio del área del CdP: $57 \pm 23 \text{ mm}^2$ en pre-intervención y $53 \pm 29 \text{ mm}^2$ en post-intervención). Sin embargo, bajo la condición de ojos cerrados, se detectó un cambio significativo durante la intervención (a las 22 semanas), pero no al finalizar la intervención (valor medio del área del CdP: $75 \pm 51 \text{ mm}^2$ en pre-intervención, $65 \pm 28 \text{ mm}^2$ durante la intervención y $70 \pm 37 \text{ mm}^2$ en post-

intervención). Judge, Lindsey, Underwood y Winsemius (1993) también analizaron el equilibrio pseudo-estático a mujeres mayores (62-75 años) tras una intervención de ejercicio físico. En este caso se trató de seis meses de ejercicio tradicional que combinaba diversos contenidos (e.g. caminar, fuerza con resistencias, tai chi, resistencia cardiovascular). Los autores informaron de mejoras del 18% en el equilibrio pseudo-estático en monopedestación y de ausencia de cambios en equilibrio en bipedestación con ojos abiertos y con ojos cerrados.

Los estudios que valoran el equilibrio mediante el balanceo postural sobre plataforma de fuerzas, en ocasiones presentan los efectos del ejercicio según los ejes AP y ML. En la revisión de Howe et al. (2007) encontraron tres estudios que proporcionaron datos sobre el equilibrio en ambos ejes, e informaron que la capacidad para mantener el equilibrio con ojos abiertos fue más sensible en AP que en ML. Puesto que en los grupos de intervención mejoró significativamente en AP (disminución de .71 desviaciones estándar al finalizar la intervención, IC del 95%: -1.33 a -.09) y hubo una tendencia hacia la mejoría en ML. En contraste, Nagy et al. (2007) encontraron que los parámetros del equilibrio del eje ML son más sensibles al entrenamiento en comparación a los del eje AP. Además, estos autores también informaron de mejoras significativas en el balanceo ML bajo la condición de ojos cerrados en comparación al grupo control después de la intervención. Nagy et al. (2007) realizaron su estudio con personas mayores residentes en su domicilio habitual en la comunidad que participaron en una intervención de ejercicio físico (con ejercicios de equilibrio estático y dinámico, caminar, fuerza de extremidad inferior y flexibilidad de extremidad inferior) con sesiones de 45 minutos de duración durante ocho semanas y una frecuencia de dos sesiones semanales.

Según los artículos revisados, en las personas mayores, algunos tipos de ejercicio físico parecen tener efectos beneficiosos inmediatos sobre la capacidad de mantener el equilibrio de las personas mayores en comparación a sus homónimos de los grupos control que realizan su actividad usual. Sin embargo, parece que a más largo plazo hay pruebas limitadas de que dichos efectos sean retenidos, tal y como sugirieron Howe et al. (2007) y que va en concordancia a los resultados encontrados por Lord et al. (1995) en la condición de ojos cerrados. No hemos encontrado suficiente evidencia sobre la

retención de las mejoras del equilibrio producidas por intervenciones de ejercicio físico en personas mayores. Puesto que únicamente Giné-Garriga et al. (2010) valoraron la retención de sus ganancias de equilibrio tras la intervención de ejercicio físico en personas mayores. Dichos autores informaron de una retención parcial del equilibrio a los 6 meses de haber finalizado su intervención de 12 semanas de entrenamiento en circuito funcional en personas mayores frágiles.

I.10. Hipótesis y objetivos

I.10.1. Hipótesis y objetivos de la tesis

I.10.1.1. Hipótesis de la tesis

La muestra de población rural catalana tiene valores de velocidad de marcha, fuerza muscular y equilibrio similares a otras poblaciones de personas mayores.

La marcha funcional se puede predecir mediante variables generales y/o capacidades motrices.

El equilibrio de las personas mayores empeora cuando se produce con oclusión de visión o con carga cognitiva.

El ejercicio físico produce mejoras en la funcionalidad física de las personas mayores, y se dan mayores mejorías cuando el ejercicio va acompañado de la presencia de un animal.

Las mejorías que produce el ejercicio físico en personas mayores, se pierden si no se continúa con la práctica.

I.10.1.2. Objetivos generales de la tesis

Describir la muestra de personas mayores del estudio y compararla con poblaciones similares.

Buscar un modelo global y/o de capacidades motrices de predicción de la marcha funcional.

Determinar los efectos de oclusión de visión o de carga cognitiva sobre el equilibrio.

Examinar los efectos de una intervención tradicional de ejercicio físico y una intervención de ejercicio con caballo en la funcionalidad de las personas mayores.

Analizar la retención de los efectos de las intervenciones de ejercicio físico en el tiempo.

I.10.2. Hipótesis y objetivos del Capítulo II

1.10.2.1. Hipótesis del capítulo II

La población de estudio presenta valores similares de marcha, fuerza muscular y equilibrio a otras poblaciones de personas mayores.

La marcha funcional se puede predecir mediante variables generales y/o capacidades motrices como la fuerza muscular y el equilibrio.

El equilibrio de las personas mayores empeora cuando se produce con oclusión de visión o con carga cognitiva.

1.10.2.2. Objetivos generales y específicos del capítulo II

OBJETIVO GENERAL 1

El primer objetivo es describir una muestra de población rural de personas mayores mediante la valoración de variables generales, de marcha y de sus factores motrices relacionados de fuerza muscular y equilibrio.

Objetivos específicos del total de la muestra

Describir la muestra de población rural de personas mayores mediante la valoración de variables generales, incluyendo la masa corporal, la altura, el índice de masa corporal y el nivel de actividad física.

Describir la muestra de población rural de personas mayores mediante la valoración de la velocidad de marcha.

Describir la muestra de población rural de personas mayores mediante la valoración de la fuerza muscular.

Describir la muestra de población rural de personas mayores mediante la valoración del equilibrio.

Objetivos específicos de la muestra por grupo de edad

Describir la muestra de población rural de personas mayores por grupo de edad mediante la valoración de las variables generales, la velocidad de marcha, la fuerza muscular y el equilibrio.

Comparar los sub-grupos de personas mayores jóvenes y de personas muy mayores para las variables generales.

Comparar los sub-grupos de personas mayores jóvenes y de personas muy mayores para la velocidad de marcha.

Comparar los sub-grupos de personas mayores jóvenes y de personas muy mayores para las variables de fuerza muscular.

Comparar los sub-grupos de personas mayores jóvenes y de personas muy mayores para las variables de equilibrio.

Objetivos específicos de la muestra por sexo

Describir la muestra de población rural de personas mayores por sexo mediante la valoración de las variables generales, la velocidad de marcha, la fuerza muscular y el equilibrio.

Comparar los sub-grupos de mujeres y hombres para las variables generales.

Comparar los sub-grupos de mujeres y hombres para la velocidad de marcha.

Comparar los sub-grupos mujeres y hombres para las variables de fuerza muscular.

Comparar los sub-grupos mujeres y hombres para las variables de equilibrio.

OBJETIVO GENERAL 2

El segundo objetivo es evaluar la potencia predictiva de variables generales, de fuerza y de equilibrio sobre la marcha funcional.

Objetivos específicos del total de la muestra

Determinar un modelo global de predicción de la velocidad de marcha del total de la muestra.

Determinar un modelo de capacidades motrices de predicción de la marcha del total de la muestra.

Objetivos específicos de la muestra por grupo de edad

Determinar un modelo global de predicción de la velocidad de marcha del sub-grupo de mayores jóvenes.

Determinar un modelo de capacidades motrices de predicción de la marcha funcional del sub-grupo de mayores jóvenes.

Determinar un modelo global de predicción de la marcha funcional del sub-grupo de muy mayores.

Determinar un modelo de capacidades motrices de predicción de la marcha funcional del sub-grupo de muy mayores.

Objetivos específicos de la muestra por sexo

Determinar un modelo global de predicción de la marcha funcional del sub-grupo de mujeres.

Determinar un modelo de capacidades motrices de predicción de la marcha funcional del sub-grupo de mujeres.

OBJETIVO GENERAL 3

El tercer objetivo es examinar los efectos de oclusión de visión y/o de carga cognitiva sobre el equilibrio.

Objetivos específicos del total de la muestra

Determinar el efecto de la oclusión de visión sobre el equilibrio en el total de la muestra.

Determinar el efecto de la carga cognitiva sobre el equilibrio en el total de la muestra.

Objetivos específicos de la muestra por grupo de edad

Determinar el efecto de la oclusión de visión sobre el equilibrio según el grupo de edad.

Determinar el efecto de la carga cognitiva sobre el equilibrio según el grupo de edad.

Objetivos específicos de la muestra por sexo

Determinar el efecto de la oclusión de visión sobre el equilibrio en el grupo de mujeres.

Determinar el efecto de la carga cognitiva sobre el equilibrio en el grupo de mujeres.

I.10.3. Hipótesis y objetivos del Capítulo III

1.10.3.1. Hipótesis del capítulo III

El ejercicio físico produce mejoras en la funcionalidad física de las personas mayores; incluyendo la velocidad de marcha, la fuerza muscular y el equilibrio.

El ejercicio físico con la presencia de un animal produce mayores mejoras en la funcionalidad física de las personas mayores que el ejercicio físico tradicional.

Las mejoras que produce el ejercicio físico en personas mayores, no se retienen completamente si cesa la práctica.

1.10.3.2. Objetivos generales y específicos del capítulo III

OBJETIVO GENERAL 1

Analizar los efectos que producen las intervenciones de ejercicio físico tradicional y de ejercicio físico con caballo en la funcionalidad física de las personas mayores, en comparación al grupo control.

Objetivos específicos de la intervención de ejercicio físico tradicional

Examinar los efectos de la intervención de ejercicio físico tradicional sobre las variables generales.

Examinar los efectos de la intervención de ejercicio físico tradicional sobre la velocidad de marcha.

Examinar los efectos de la intervención de ejercicio físico tradicional sobre la fuerza muscular.

Examinar los efectos de la intervención de ejercicio físico tradicional sobre el equilibrio incluyendo las condiciones de ojos abiertos, oclusión ocular y carga cognitiva.

Objetivos específicos de la intervención de ejercicio físico con caballo

Examinar los efectos de la intervención de ejercicio físico con caballo sobre las variables generales.

Examinar los efectos de la intervención de ejercicio físico con caballo sobre la velocidad de marcha.

Examinar los efectos de la intervención de ejercicio físico con caballo sobre la fuerza muscular.

Examinar los efectos de la intervención de ejercicio físico con caballo sobre el equilibrio incluyendo las condiciones de ojos abiertos, oclusión ocular y carga cognitiva.

Objetivos específicos de la comparación por grupos

Comparar los grupos de ejercicio físico tradicional, ejercicio físico con caballo y control para la velocidad de marcha.

Comparar los grupos de ejercicio físico tradicional, ejercicio físico con caballo y control para la fuerza muscular.

Comparar los grupos de ejercicio físico tradicional, ejercicio físico con caballo y control para el equilibrio incluyendo las condiciones de ojos abiertos, oclusión ocular y carga cognitiva.

OBJETIVO GENERAL 2

Analizar la retención de los efectos producidos por las intervenciones de ejercicio físico tradicional y de ejercicio físico con caballo en la funcionalidad física de las personas mayores.

Objetivos específicos

Examinar la retención de los efectos de la intervención de ejercicio físico tradicional para todas las variables mencionadas en el objetivo general 1.

Examinar la retención de los efectos de la intervención de ejercicio físico con caballo para todas las variables mencionadas en el objetivo general 1.

Comparar la retención de los efectos de la intervención de ejercicio físico tradicional y la intervención de ejercicio físico con caballo para todas las variables mencionadas en el objetivo general 1.

I.11. Referencias bibliográficas del capítulo I

- Aguado, X. (1993). *Eficacia y técnica deportiva*. Barcelona: INDE.
- American Geriatric Society Panel on Exercise and Osteoarthritis. (2001). Exercise prescription for older adults with osteoarthritis pain: consensus practice recommendations. *J Am Geriatr Soc*, 49(6), 808-823.
- Anderson, P. G., Nienhuis, B., Mulder, T., & Hulstijn, W. (1998). Are older adults more dependent on visual information in regulating self-motion than younger adults? *J Mot Behav*, 30(2), 104-113.
- Andrews, A. W., Thomas, M. W., & Bohannon, R. W. (1996). Normative values for isometric muscle force measurements obtained with hand-held dynamometers. *Phys Ther*, 76(3), 248-259.
- Bass, M. M., Duchowny, C. A., & Llabre, M. M. (2009). The effect of therapeutic horseback riding on social functioning in children with autism. *J Autism Dev Disord*, 39(9), 1261-1267.
- Bauer, C., Groger, I., Rupprecht, R., & Gassmann, K. G. (2008). Intrasession reliability of force platform parameters in community-dwelling older adults. *Arch Phys Med Rehabil*, 89(10), 1977-1982.
- Bean, J. F., Kiely, D. K., Herman, S., Leveille, S. G., Mizer, K., Frontera, W. R., et al. (2002). The relationship between leg power and physical performance in mobility-limited older people. *J Am Geriatr Soc*, 50(3), 461-467.
- Bean, J. F., Vora, A., & Frontera, W. R. (2004). Benefits of exercise for community-dwelling older adults. *Arch Phys Med Rehabil*, 85(7 Suppl 3), S31-42; quiz S43-34.
- Beck, A. M., & Meyers, N. M. (1996). Health enhancement and companion animal ownership. *Annu Rev Public Health*, 17, 247-257.
- Beenakker, K. G., Ling, C. H., Meskers, C. G., de Craen, A. J., Stijnen, T., Westendorp, R. G., et al. (2010). Patterns of muscle strength loss with age in the general population and patients with a chronic inflammatory state. *Ageing Res Rev*, 9(4), 431-436.
- Bellew, J. W., Yates, J. W., & Gater, D. R. (2003). The initial effects of low-volume strength training on balance in untrained older men and women. *J Strength Cond Res*, 17(1), 121-128.
- Bendall, M. J., Basse, E. J., & Pearson, M. B. (1989). Factors affecting walking speed of elderly people. *Age Ageing*, 18(5), 327-332.
- Blair, S. N., & Wei, M. (2000). Sedentary habits, health, and function in older women and men. *Am J Health Promot*, 15(1), 1-8.
- Blankevoort, C. G., van Heuvelen, M. J., Boersma, F., Luning, H., de Jong, J., & Scherder, E. J. (2010). Review of effects of physical activity on strength, balance, mobility and ADL performance in elderly subjects with dementia. *Dement Geriatr Cogn Disord*, 30(5), 392-402.
- Bohannon, R. W. (1997a). Comfortable and maximum walking speed of adults aged 20-79 years: reference values and determinants. *Age Ageing*, 26(1), 15-19.
- Bohannon, R. W. (1997b). Reference values for extremity muscle strength obtained by hand-held dynamometry from adults aged 20 to 79 years. *Arch Phys Med Rehabil*, 78(1), 26-32.

- Bohannon, R. W. (2008). Population representative gait speed and its determinants. *J Geriatr Phys Ther*, 31(2), 49-52.
- Borg, F., Finell, M., Hakala, I., & Herrala, M. (2007). Analyzing gastrocnemius EMG-activity and sway data from quiet and perturbed standing. *J Electromyogr Kinesiol*, 17(5), 622-634.
- Bronson, C., Brewerton, K., Ong, J., Palanca, C., & Sullivan, S. J. (2010). Does hippotherapy improve balance in persons with multiple sclerosis: a systematic review. *Eur J Phys Rehabil Med*, 46(3), 347-353.
- Brown, L. A., Shumway-Cook, A., & Woollacott, M. H. (1999). Attentional demands and postural recovery: the effects of aging. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 54(4), M165-171.
- Buchner, D. M., Cress, M. E., de Lateur, B. J., Esselman, P. C., Margherita, A. J., Price, R., et al. (1997). The effect of strength and endurance training on gait, balance, fall risk, and health services use in community-living older adults. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 52(4), M218-224.
- Buchner, D. M., Cress, M. E., Esselman, P. C., Margherita, A. J., de Lateur, B. J., Campbell, A. J., et al. (1996). Factors associated with changes in gait speed in older adults. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 51(6), M297-302.
- Buchner, D. M., Larson, E. B., Wagner, E. H., Koepsell, T. D., & de Lateur, B. J. (1996). Evidence for a non-linear relationship between leg strength and gait speed. *Age Ageing*, 25(5), 386-391.
- Budziareck, M. B., Pureza Duarte, R. R., & Barbosa-Silva, M. C. (2008). Reference values and determinants for handgrip strength in healthy subjects. *Clin Nutr*, 27(3), 357-362.
- Callisaya, M. L., Blizzard, L., Schmidt, M. D., McGinley, J. L., Lord, S. R., & Srikanth, V. K. (2009). A population-based study of sensorimotor factors affecting gait in older people. *Age Ageing*, 38(3), 290-295.
- Cesari, M., Kritchevsky, S. B., Newman, A. B., Simonsick, E. M., Harris, T. B., Penninx, B. W., et al. (2009). Added value of physical performance measures in predicting adverse health-related events: results from the Health, Aging And Body Composition Study. *J Am Geriatr Soc*, 57(2), 251-259.
- Champagne, D., & Dugas, C. (2010). Improving gross motor function and postural control with hippotherapy in children with Down syndrome: case reports. *Physiother Theory Pract*, 26(8), 564-571.
- Chang, R. W., Dunlop, D., Gibbs, J., & Hughes, S. (1995). The determinants of walking velocity in the elderly. An evaluation using regression trees. *Arthritis Rheum*, 38(3), 343-350.
- Chodzko-Zajko, W. J., Proctor, D. N., Fiatarone Singh, M. A., Minson, C. T., Nigg, C. R., Salem, G. J., et al. (2009). American College of Sports Medicine position stand. Exercise and physical activity for older adults. *Med Sci Sports Exerc*, 41(7), 1510-1530.
- Christofolletti, G., Correia, N., Borges, G., & Beinotti, F. (2010). Use of hippotherapy in gait training for hemiparetic post-stroke. *Arquivos de neuro-psiquiatria*, 68(6), 908.
- Coggan, A. R., Spina, R. J., King, D. S., Rogers, M. A., Brown, M., Nemeth, P. M., et al. (1992). Skeletal muscle adaptations to endurance training in 60- to 70-yr-old men and women. *J Appl Physiol*, 72(5), 1780-1786.

- Colcombe, S., & Kramer, A. F. (2003). Fitness effects on the cognitive function of older adults: a meta-analytic study. *Psychol Sci*, 14(2), 125-130.
- Cress, M. E., Buchner, D. M., Questad, K. A., Esselman, P. C., deLateur, B. J., & Schwartz, R. S. (1999). Exercise: effects on physical functional performance in independent older adults. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 54(5), M242-248.
- Cress, M. E., Schechtman, K. B., Mulrow, C. D., Fiatarone, M. A., Gerety, M. B., & Buchner, D. M. (1995). Relationship between physical performance and self-perceived physical function. *J Am Geriatr Soc*, 43(2), 93-101.
- Cutt, H., Giles-Corti, B., Knuiaman, M., & Burke, V. (2007). Dog ownership, health and physical activity: a critical review of the literature. *Health Place*, 13(1), 261-272.
- Daniels, R., van Rossum, E., de Witte, L., Kempen, G. I., & van den Heuvel, W. (2008). Interventions to prevent disability in frail community-dwelling elderly: a systematic review. *BMC Health Serv Res*, 8, 278.
- Danneskiold-Samsøe, B., Bartels, E. M., Bülow, P. M., Lund, H., Stockmarr, A., Holm, C. C., et al. (2009). Isokinetic and isometric muscle strength in a healthy population with special reference to age and gender. *Acta Physiol (Oxf)*, 197, 1-68.
- Departament de Salut de la Generalitat de Catalunya. (2006). Enquesta de Salut de Catalunya (ESCA). Retrieved 11 April 2011: <http://www.gencat.cat>
- Deschenes, M. R. (2004). Effects of aging on muscle fibre type and size. *Sports Med*, 34(12), 809-824.
- DeSouza, C. A., Shapiro, L. F., Clevenger, C. M., Dinunno, F. A., Monahan, K. D., Tanaka, H., et al. (2000). Regular aerobic exercise prevents and restores age-related declines in endothelium-dependent vasodilation in healthy men. *Circulation*, 102(12), 1351-1357.
- Dorrens, J., & Rennie, M. J. (2003). Effects of ageing and human whole body and muscle protein turnover. *Scand J Med Sci Sports*, 13(1), 26-33.
- Drnach, M., O'Brien, P. A., & Kreger, A. (2010). The effects of a 5-week therapeutic horseback riding program on gross motor function in a child with cerebral palsy: a case study. *J Altern Complement Med*, 16(9), 1003-1006.
- Earles, D. R., Judge, J. O., & Gunnarsson, O. T. (2001). Velocity training induces power-specific adaptations in highly functioning older adults. *Arch Phys Med Rehabil*, 82(7), 872-878.
- Ehsani, A. A., Ogawa, T., Miller, T. R., Spina, R. J., & Jilka, S. M. (1991). Exercise training improves left ventricular systolic function in older men. *Circulation*, 83(1), 96-103.
- Era, P., Sainio, P., Koskinen, S., Haavisto, P., Vaara, M., & Aromaa, A. (2006). Postural balance in a random sample of 7,979 subjects aged 30 years and over. *Gerontology*, 52(4), 204-213.
- Evans, E. M., Racette, S. B., Peterson, L. R., Villareal, D. T., Greiwe, J. S., & Holloszy, J. O. (2005). Aerobic power and insulin action improve in response to endurance exercise training in healthy 77-87 yr olds. *J Appl Physiol*, 98(1), 40-45.
- Fiatarone, M. A., O'Neill, E. F., Ryan, N. D., Clements, K. M., Solares, G. R., Nelson, M. E., et al. (1994). Exercise training and nutritional supplementation for physical frailty in very elderly people. *N Engl J Med*, 330(25), 1769-1775.

- Fielding, R. A., LeBrasseur, N. K., Cuoco, A., Bean, J., Mizer, K., & Fiatarone Singh, M. A. (2002). High-velocity resistance training increases skeletal muscle peak power in older women. *J Am Geriatr Soc*, *50*(4), 655-662.
- Freedman, V. A., Martin, L. G., & Schoeni, R. F. (2002). Recent trends in disability and functioning among older adults in the United States: a systematic review. *JAMA*, *288*(24), 3137-3146.
- Fried, L. P., Tangen, C. M., Walston, J., Newman, A. B., Hirsch, C., Gottdiener, J., et al. (2001). Frailty in older adults: evidence for a phenotype. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, *56*(3), M146-156.
- Friedenreich, C. M., Thune, I., Brinton, L. A., & Albanes, D. (1998). Epidemiologic issues related to the association between physical activity and breast cancer. *Cancer*, *83*(3 Suppl), 600-610.
- Frontera, W. R., Hughes, V. A., Fielding, R. A., Fiatarone, M. A., Evans, W. J., & Roubenoff, R. (2000). Aging of skeletal muscle: a 12-yr longitudinal study. *J Appl Physiol*, *88*(4), 1321-1326.
- Frontera, W. R., Meredith, C. N., O'Reilly, K. P., Knuttgen, H. G., & Evans, W. J. (1988). Strength conditioning in older men: skeletal muscle hypertrophy and improved function. *J Appl Physiol*, *64*(3), 1038-1044.
- Gabell, A., & Nayak, U. S. (1984). The effect of age on variability in gait. *J Gerontol*, *39*(6), 662-666.
- Generalitat de Catalunya. (2007). Pla d'Activitat Física, Esport i Salut. Retrieved 12 June 2011: <http://www.pafes.cat>
- Gillespie, L. D., Robertson, M. C., Gillespie, W. J., Lamb, S. E., Gates, S., Cumming, R. G., et al. (2009). Interventions for preventing falls in older people living in the community. *Cochrane Database Syst Rev*(2), CD007146.
- Giné-Garriga, M., Guerra, M., Pagès, E., Manini, T. M., Jiménez, R., & Unnithan, V. B. (2010). The effect of functional circuit training on physical frailty in frail older adults: a randomized controlled trial. *J Aging Phys Act*, *18*(4), 401-424.
- Goldspink, D. F. (2005). Ageing and activity: their effects on the functional reserve capacities of the heart and vascular smooth and skeletal muscles. *Ergonomics*, *48*(11-14), 1334-1351.
- Hakanson, M., Moller, M., Lindstrom, I., & Mattsson, B. (2009). The horse as the healer-a study of riding in patients with back pain. *J Bodyw Mov Ther*, *13*(1), 43-52.
- Hameury, L., Delavous, P., & Leroy, C. (2011). Hippotherapy in the paedopsychiatric care project. *Soins Pédiatr Pueric*(258), 37-40.
- Hammer, A., Nilsagård, Y., Forsberg, A., Pepa, H., Skargren, E., & Öberg, B. (2005). Evaluation of therapeutic riding (Sweden)/hippotherapy (United States). A single-subject experimental design study replicated in eleven patients with multiple sclerosis. *Physiother Theory Pract*, *21*(1), 51 - 77.
- Han, T. S., Tajar, A., & Lean, M. E. (2011). Obesity and weight management in the elderly. *Br Med Bull*, *97*(1), 169-196.
- Heckman, G. A., & McKelvie, R. S. (2008). Cardiovascular aging and exercise in healthy older adults. *Clin J Sport Med*, *18*(6), 479-485.
- Heinrich, S., Rapp, K., Rissmann, U., Becker, C., & König, H. H. (2010). Cost of falls in old age: a systematic review. *Osteoporos Int*, *21*(6), 891-902.

- Henwood, T. R., & Taaffe, D. R. (2005). Improved physical performance in older adults undertaking a short-term programme of high-velocity resistance training. *Gerontology, 51*(2), 108-115.
- Herman, S., Kiely, D. K., Leveille, S., O'Neill, E., Cyberey, S., & Bean, J. F. (2005). Upper and lower limb muscle power relationships in mobility-limited older adults. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci, 60*(4), 476-480.
- Hernandez, A., Silder, A., Heiderscheit, B. C., & Thelen, D. G. (2009). Effect of age on center of mass motion during human walking. *Gait Posture, 30*(2), 217-222.
- Heyn, P., Abreu, B. C., & Ottenbacher, K. J. (2004). The effects of exercise training on elderly persons with cognitive impairment and dementia: a meta-analysis. *Arch Phys Med Rehabil, 85*(10), 1694-1704.
- Himann, J. E., Cunningham, D. A., Rechnitzer, P. A., & Paterson, D. H. (1988). Age-related changes in speed of walking. *Med Sci Sports Exerc, 20*(2), 161-166.
- Horak, F. B., Diener, H. C., & Nashner, L. M. (1989). Influence of central set on human postural responses. *J Neurophysiol, 62*(4), 841-853.
- Howe, T. E., Rochester, L., Jackson, A., Banks, P. M., & Blair, V. A. (2007). Exercise for improving balance in older people. *Cochrane Database Syst Rev*(4), CD004963.
- Huitema, R. B., Brouwer, W. H., Mulder, T., Dekker, R., Hof, A. L., & Postema, K. (2005). Effect of ageing on the ability to adapt to a visual distortion during walking. *Gait Posture, 21*(4), 440-446.
- Hurley, B. F., & Roth, S. M. (2000). Strength training in the elderly: effects on risk factors for age-related diseases. *Sports Med, 30*(4), 249-268.
- Institut d'Estadística de Catalunya. (2008). Estadístiques de població. Retrieved 10 April 2011: <http://www.idescat.cat>
- Instituto de Mayores y Servicios Sociales. (2009). *Las personas mayores en España. Datos estadísticos estatales y por Comunidades Autónomas. Informe 2008.*
- Instituto Nacional de Estadística. (2006). Encuesta Nacional de Salud. Retrieved 29 September 2010: <http://www.ine.es/jaxi/menu.do?L=0&type=pcaxis&path=%2Fft15/p419&file=inebase>
- Instituto Nacional de Estadística. (2011). Indicadores demográficos básicos. Retrieved 11 March 2011: <http://www.ine.es>
- Irwin, M. L., Yasui, Y., Ulrich, C. M., Bowen, D., Rudolph, R. E., Schwartz, R. S., et al. (2003). Effect of exercise on total and intra-abdominal body fat in postmenopausal women: a randomized controlled trial. *JAMA, 289*(3), 323-330.
- Izquierdo, M., Ibanez, J., Gorostiaga, E., Garrues, M., Zuniga, A., Anton, A., et al. (1999). Maximal strength and power characteristics in isometric and dynamic actions of the upper and lower extremities in middle-aged and older men. *Acta Physiol Scand, 167*(1), 57-68.
- Jamet, M., Deviterne, D., Gauchard, G. C., Vancon, G., & Perrin, P. P. (2007). Age-related part taken by attentional cognitive processes in standing postural control in a dual-task context. *Gait Posture, 25*(2), 179-184.
- Judge, J. O., Lindsey, C., Underwood, M., & Winsemius, D. (1993). Balance improvements in older women: effects of exercise training. *Phys Ther, 73*(4), 254-262; discussion 263-255.
- Kalapothisarakos, V. I., Michalopoulos, M., Tokmakidis, S. P., Godolias, G., & Gourgoulis, V. (2005). Effects of a heavy and a moderate resistance training on functional performance in older adults. *J Strength Cond Res, 19*(3), 652-657.

- Kannus, P., Sievanen, H., Palvanen, M., Jarvinen, T., & Parkkari, J. (2005). Prevention of falls and consequent injuries in elderly people. *Lancet*, 366(9500), 1885-1893.
- Kelly-Hayes, M., Jette, A. M., Wolf, P. A., D'Agostino, R. B., & Odell, P. M. (1992). Functional limitations and disability among elders in the Framingham Study. *Am J Public Health*, 82(6), 841-845.
- Keysor, J. J., & Jette, A. M. (2001). Have we oversold the benefit of late-life exercise? *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 56(7), M412-423.
- Kline Mangione, K., Craik, R. L., Lopopolo, R., Tomlinson, J. D., & Brenneman, S. K. (2008). Predictors of gait speed in patients after hip fracture. *Physiother Can*, 60(1), 10-18.
- Krebs, D. E., Jette, A. M., & Assmann, S. F. (1998). Moderate exercise improves gait stability in disabled elders. *Arch Phys Med Rehabil*, 79(12), 1489-1495.
- Kwon, J. Y., Chang, H. J., Lee, J. Y., Ha, Y., Lee, P. K., & Kim, Y. H. (2011). Effects of hippotherapy on gait parameters in children with bilateral spastic cerebral palsy. *Arch Phys Med Rehabil*, 92(5), 774-779.
- Lacour, M., Bernard-Demanze, L., & Dumitrescu, M. (2008). Posture control, aging, and attention resources: models and posture-analysis methods. *Neurophysiol Clin*, 38(6), 411-421.
- Lamoureux, E., Sparrow, W. A., Murphy, A., & Newton, R. U. (2003). The effects of improved strength on obstacle negotiation in community-living older adults. *Gait Posture*, 17(3), 273-283.
- Larson, E. B., Wang, L., Bowen, J. D., McCormick, W. C., Teri, L., Crane, P., et al. (2006). Exercise is associated with reduced risk for incident dementia among persons 65 years of age and older. *Ann Intern Med*, 144(2), 73-81.
- Latham, N. K., Bennett, D. A., Stretton, C. M., & Anderson, C. S. (2004). Systematic review of progressive resistance strength training in older adults. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 59(1), 48-61.
- Laufer, Y. (2005). Effect of age on characteristics of forward and backward gait at preferred and accelerated walking speed. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 60(5), 627-632.
- Laughton, C. A., Slavin, M., Katdare, K., Nolan, L., Bean, J. F., Kerrigan, D. C., et al. (2003). Aging, muscle activity, and balance control: physiologic changes associated with balance impairment. *Gait Posture*, 18(2), 101-108.
- Laukkanen, P., Leskinen, E., Kauppinen, M., Sakari-Rantala, R., & Heikkinen, E. (2000). Health and functional capacity as predictors of community dwelling among elderly people. *J Clin Epidemiol*, 53(3), 257-265.
- Lauretani, F., Russo, C. R., Bandinelli, S., Bartali, B., Cavazzini, C., Di Iorio, A., et al. (2003). Age-associated changes in skeletal muscles and their effect on mobility: an operational diagnosis of sarcopenia. *J Appl Physiol*, 95(5), 1851-1860.
- Layne, J. E., & Nelson, M. E. (1999). The effects of progressive resistance training on bone density: a review. *Med Sci Sports Exerc*, 31(1), 25-30.
- Lexell, J. (1995). Human aging, muscle mass, and fiber type composition. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 50 Spec No, 11-16.
- Lexell, J., Taylor, C. C., & Sjostrom, M. (1988). What is the cause of the ageing atrophy? Total number, size and proportion of different fiber types studied in whole vastus lateralis muscle from 15- to 83-year-old men. *J Neurol Sci*, 84(2-3), 275-294.

- Lopopolo, R. B., Greco, M., Sullivan, D., Craik, R. L., & Mangione, K. K. (2006). Effect of therapeutic exercise on gait speed in community-dwelling elderly people: a meta-analysis. *Phys Ther*, 86(4), 520-540.
- Lord, S. R., Lloyd, D. G., & Li, S. K. (1996). Sensori-motor function, gait patterns and falls in community-dwelling women. *Age Ageing*, 25(4), 292-299.
- Lord, S. R., Lloyd, D. G., Nirui, M., Raymond, J., Williams, P., & Stewart, R. A. (1996). The effect of exercise on gait patterns in older women: a randomized controlled trial. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 51(2), M64-70.
- Lord, S. R., Ward, J. A., Williams, P., & Strudwick, M. (1995). The effect of a 12-month exercise trial on balance, strength, and falls in older women: a randomized controlled trial. *J Am Geriatr Soc*, 43(11), 1198-1206.
- Lord, S. R., & Webster, I. W. (1990). Visual field dependence in elderly fallers and non-fallers. *Int J Aging Hum Dev*, 31(4), 267-277.
- Luna-Heredia, E., Martin-Pena, G., & Ruiz-Galiana, J. (2005). Handgrip dynamometry in healthy adults. *Clin Nutr*, 24(2), 250-258.
- Lusardi, M. M., Pellecchia, G. L., & Schulman, M. (2003). Functional Performance in Community Living Older Adults. *J Geriatr Phys Ther*, 26(3), 14-22.
- Malatesta, D., Simar, D., Saad, H. B., Prefaut, C., & Caillaud, C. (2010). Effect of an overground walking training on gait performance in healthy 65- to 80-year-olds. *Exp Gerontol*, 45(6), 427-434.
- Malbut, K. E., Dinan, S., & Young, A. (2002). Aerobic training in the 'oldest old': the effect of 24 weeks of training. *Age Ageing*, 31(4), 255-260.
- Marshall, P., Al-Timman, J., Riley, R., Wright, J., Williams, S., Hainsworth, R., et al. (2001). Randomized controlled trial of home-based exercise training to evaluate cardiac functional gains. *Clin Sci (Lond)*, 101(5), 477-483.
- Masui, T., Hasegawa, Y., Matsuyama, Y., Sakano, S., Kawasaki, M., & Suzuki, S. (2005). Gender differences in platform measures of balance in rural community-dwelling elders. *Arch Gerontol Geriatr*, 41(2), 201-209.
- Matveyev, L. (1977). *Periodización del entrenamiento deportivo*. Madrid: INEF.
- Maylor, E. A., & Wing, A. M. (1996). Age differences in postural stability are increased by additional cognitive demands. *J Gerontol B Psychol Sci Soc Sci*, 51(3), P143-154.
- Mazzeo, R. S., Cavanagh, P., Evans, W. J., Fiatarone, M., Hagberg, J., McAuley, E., et al. (1998). American College of Sports Medicine position stand: exercise and physical activity for older adults. *Med Sci Sports Exerc*, 30(6), 992-1008.
- McGibbon, N. H., Benda, W., Duncan, B. R., & Silkwood-Sherer, D. (2009). Immediate and long-term effects of hippotherapy on symmetry of adductor muscle activity and functional ability in children with spastic cerebral palsy. *Arch Phys Med Rehabil*, 90(6), 966-974.
- McGuire, D. K., Levine, B. D., Williamson, J. W., Snell, P. G., Blomqvist, C. G., Saltin, B., et al. (2001). A 30-Year Follow-Up of the Dallas Bed Rest and Training Study: I. Effect of Age on the Cardiovascular Response to Exercise. *Circulation*, 104(12), 1350-1357.
- Menkes, A., Mazel, S., Redmond, R. A., Koffler, K., Libanati, C. R., Gundberg, C. M., et al. (1993). Strength training increases regional bone mineral density and bone remodeling in middle-aged and older men. *J Appl Physiol*, 74(5), 2478-2484.

- Metter, E. J., Conwit, R., Tobin, J., & Fozard, J. L. (1997). Age-associated loss of power and strength in the upper extremities in women and men. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 52(5), B267-276.
- Mian, O. S., Baltzopoulos, V., Minetti, A. E., & Narici, M. V. (2007). The impact of physical training on locomotor function in older people. *Sports Med*, 37(8), 683-701.
- Ministerio de Sanidad y Consumo. (2005). Estrategia para la Nutrición, Actividad Física y Prevención de la Obesidad (NAOS). Retrieved 12 June 2011: http://www.naos.aesan.msps.es/naos/estrategia/que_es
- Moayyeri, A. (2008). The association between physical activity and osteoporotic fractures: a review of the evidence and implications for future research. *Ann Epidemiol*, 18(11), 827-835.
- Nagai, K., Yamada, M., Uemura, K., Yamada, Y., Ichihashi, N., & Tsuboyama, T. (2011). Differences in muscle coactivation during postural control between healthy older and young adults. *Arch Gerontol Geriatr*.
- Nagasaki, H., Itoh, H., & Furuna, T. (1995). A physical fitness model of older adults. *Aging (Milano)*, 7(5), 392-397.
- Nagy, E., Feher-Kiss, A., Barnai, M., Domjan-Preszner, A., Angyan, L., & Horvath, G. (2007). Postural control in elderly subjects participating in balance training. *Eur J Appl Physiol*, 100(1), 97-104.
- Nelson, M. E., Rejeski, W. J., Blair, S. N., Duncan, P. W., Judge, J. O., King, A. C., et al. (2007). Physical activity and public health in older adults: recommendation from the American College of Sports Medicine and the American Heart Association. *Circulation*, 116(9), 1094-1105.
- Organización Mundial de la Salud. (2006). *Physical activity and health in Europe: evidence for action*. Denmark.
- Organización Mundial de la Salud. (2011). Estrategia mundial sobre régimen alimentario, actividad física y salud. Retrieved 18 April 2011: http://www.who.int/dietphysicalactivity/factsheet_recommendations/es/index.html
- Orr, R., Raymond, J., & Fiatarone Singh, M. (2008). Efficacy of progressive resistance training on balance performance in older adults : a systematic review of randomized controlled trials. *Sports Med*, 38(4), 317-343.
- Pajala, S., Era, P., Koskenvuo, M., Kaprio, J., Tolvanen, A., & Rantanen, T. (2007). Genetic and environmental contribution to postural balance of older women in single and dual task situations. *Neurobiol Aging*, 28(6), 947-954.
- Park, J. J., Tang, Y., Lopez, I., & Ishiyama, A. (2001). Age-related change in the number of neurons in the human vestibular ganglion. *J Comp Neurol*, 431(4), 437-443.
- Paterson, D. H., Jones, G. R., & Rice, C. L. (2007). Ageing and physical activity: evidence to develop exercise recommendations for older adults. *Can J Public Health*, 98 Suppl 2, S69-108.
- Pellecchia, G. L. (2005). Dual-task training reduces impact of cognitive task on postural sway. *J Mot Behav*, 37(3), 239-246.
- Pereira, A. C., Huddleston, D. E., Brickman, A. M., Sosunov, A. A., Hen, R., McKhann, G. M., et al. (2007). An in vivo correlate of exercise-induced neurogenesis in the adult dentate gyrus. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 104(13), 5638-5643.
- Peterka, R. J., & Black, F. O. (1990). Age-related changes in human posture control: motor coordination tests. *J Vestib Res*, 1(1), 87-96.

- Peters, A. (2002). The effects of normal aging on myelin and nerve fibers: a review. *J Neurocytol*, 31(8-9), 581-593.
- Petrella, R. J., Lattanzio, P. J., & Nelson, M. G. (1997). Effect of age and activity on knee joint proprioception. *Am J Phys Med Rehabil*, 76(3), 235-241.
- Piirainen, J. M., Avela, J., Sippola, N., & Linnamo, V. (2010). Age dependency of neuromuscular function and dynamic balance control. *Eur J Sport Sci*, 10(1), 69-79.
- Pizzigalli, L., Filippini, A., Ahmaidi, S., Jullien, H., & Rainoldi, A. (2011). Prevention of falling risk in elderly people: the relevance of muscular strength and symmetry of lower limbs in postural stability. *J Strength Cond Res*, 25(2), 567-574.
- Prado, J. M., Stoffregen, T. A., & Duarte, M. (2007). Postural sway during dual tasks in young and elderly adults. *Gerontology*, 53(5), 274-281.
- Prioli, A. C., Freitas Junior, P. B., & Barela, J. A. (2005). Physical activity and postural control in the elderly: coupling between visual information and body sway. *Gerontology*, 51(3), 145-148.
- Protas, E. J., & Tissier, S. (2009). Strength and speed training for elders with mobility disability. *J Aging Phys Act*, 17(3), 257-271.
- Pyka, G., Lindenberger, E., Charette, S., & Marcus, R. (1994). Muscle strength and fiber adaptations to a year-long resistance training program in elderly men and women. *J Gerontol*, 49(1), M22-27.
- Raina, P., Waltner-Toews, D., Bonnett, B., Woodward, C., & Abernathy, T. (1999). Influence of companion animals on the physical and psychological health of older people: an analysis of a one-year longitudinal study. *J Am Geriatr Soc*, 47(3), 323-329.
- Rantanen, T., Guralnik, J. M., Foley, D., Masaki, K., Leveille, S., Curb, J. D., et al. (1999). Midlife hand grip strength as a predictor of old age disability. *JAMA*, 281(6), 558-560.
- Ratey, J. J., & Hagerman, E. (2008). *Spark: The revolutionary new science of exercise and the brain*: Little, Brown & Company.
- Rauch, S. D., Velazquez-Villasenor, L., Dimitri, P. S., & Merchant, S. N. (2001). Decreasing hair cell counts in aging humans. *Ann N Y Acad Sci*, 942, 220-227.
- Raymakers, J. A., Samson, M. M., & Verhaar, H. J. (2005). The assessment of body sway and the choice of the stability parameter(s). *Gait Posture*, 21(1), 48-58.
- Reed, R. L., Den Hartog, R., Yochum, K., Pearlmutter, L., Ruttinger, A. C., & Mooradian, A. D. (1993). A comparison of hand-held isometric strength measurement with isokinetic muscle strength measurement in the elderly. *J Am Geriatr Soc*, 41(1), 53-56.
- Reilly, D. S., van Donkelaar, P., Saavedra, S., & Woollacott, M. H. (2008). Interaction between the development of postural control and the executive function of attention. *J Mot Behav*, 40(2), 90-102.
- Ribom, E. L., Mellstrom, D., Ljunggren, O., & Karlsson, M. K. (2010). Population-based reference values of handgrip strength and functional tests of muscle strength and balance in men aged 70-80 years. *Arch Gerontol Geriatr*, 53(2), 114-7.
- Rider, R. A., & Daly, J. (1991). Effects of flexibility training on enhancing spinal mobility in older women. *J Sports Med Phys Fitness*, 31(2), 213-217.

- Ringsberg, K., Gerdhem, P., Johansson, J., & Obrant, K. J. (1999). Is there a relationship between balance, gait performance and muscular strength in 75-year-old women? *Age Ageing*, 28(3), 289-293.
- Rogers, Larkey, L. K., & Keller, C. (2009). A review of clinical trials of tai chi and qigong in older adults. *West J Nurs Res*, 31(2), 245-279.
- Rogers, & Mille. (2003). Lateral stability and falls in older people. *Exerc Sport Sci Rev*, 31(4), 182-187.
- Rooks, D. S., Kiel, D. P., Parsons, C., & Hayes, W. C. (1997). Self-paced resistance training and walking exercise in community-dwelling older adults: effects on neuromotor performance. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 52(3), M161-168.
- Rydwik, E., Frandin, K., & Akner, G. (2004). Effects of physical training on physical performance in institutionalised elderly patients (70+) with multiple diagnoses. *Age Ageing*, 33(1), 13-23.
- Schlicht, J., Camaione, D. N., & Owen, S. V. (2001). Effect of intense strength training on standing balance, walking speed, and sit-to-stand performance in older adults. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 56(5), M281-286.
- Schlusssel, M. M., dos Anjos, L. A., de Vasconcellos, M. T., & Kac, G. (2008). Reference values of handgrip dynamometry of healthy adults: a population-based study. *Clin Nutr*, 27(4), 601-607.
- Schulman, S. P., Fleg, J. L., Goldberg, A. P., Busby-Whitehead, J., Hagberg, J. M., O'Connor, F. C., et al. (1996). Continuum of cardiovascular performance across a broad range of fitness levels in healthy older men. *Circulation*, 94(3), 359-367.
- Seals, D. R. (2003). Habitual exercise and the age-associated decline in large artery compliance. *Exerc Sport Sci Rev*, 31(2), 68-72.
- Seeman, T. E., & Crimmins, E. (2001). Social environment effects on health and aging: integrating epidemiologic and demographic approaches and perspectives. *Ann N Y Acad Sci*, 954, 88-117.
- Serra-Rexach, J. A., Bustamante-Ara, N., Hierro Villaran, M., Gonzalez Gil, P., Sanz Ibanez, M. J., Blanco Sanz, N., et al. (2011). Short-Term, Light- to Moderate-Intensity Exercise Training Improves Leg Muscle Strength in the Oldest Old: A Randomized Controlled Trial. *J Am Geriatr Soc*, 59(4), 594-602.
- Sheldon, J. H. (1963). The effect of age on the control of sway. *Gerontol Clin (Basel)*, 5, 129-138.
- Shepard, R. J. (1997). *Aging, physical activity, and health*: Human Kinetics Publishers.
- Shinkai, S., Watanabe, S., Kumagai, S., Fujiwara, Y., Amano, H., Yoshida, H., et al. (2000). Walking speed as a good predictor for the onset of functional dependence in a Japanese rural community population. *Age Ageing*, 29(5), 441-446.
- Shkuratova, N., Morris, M. E., & Huxham, F. (2004). Effects of age on balance control during walking. *Arch Phys Med Rehabil*, 85(4), 582-588.
- Shumway-Cook, A., & Woollacott, M. (2000). Attentional demands and postural control: the effect of sensory context. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 55(1), M10-16.
- Shumway-Cook, A., Woollacott, M., Kerns, K. A., & Baldwin, M. (1997). The effects of two types of cognitive tasks on postural stability in older adults with and without a history of falls. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 52(4), M232-240.

- Shurtleff, T. L., & Engsberg, J. R. (2010). Changes in trunk and head stability in children with cerebral palsy after hippotherapy: a pilot study. *Phys Occup Ther Pediatr*, 30(2), 150-163.
- Silkwood-Sherer, D., & Warmbier, H. (2007). Effects of hippotherapy on postural stability, in persons with multiple sclerosis: a pilot study. *J Neurol Phys Ther*, 31(2), 77-84.
- Sipila, S., Multanen, J., Kallinen, M., Era, P., & Suominen, H. (1996). Effects of strength and endurance training on isometric muscle strength and walking speed in elderly women. *Acta Physiol Scand*, 156(4), 457-464.
- Skelton, D. A., & Beyer, N. (2003). Exercise and injury prevention in older people. *Scand J Med Sci Sports*, 13(1), 77-85.
- Skinner, H. B., Barrack, R. L., & Cook, S. D. (1984). Age-related decline in proprioception. *Clin Orthop Relat Res*(184), 208-211.
- Slattery, M. L., & Potter, J. D. (2002). Physical activity and colon cancer: confounding or interaction? *Med Sci Sports Exerc*, 34(6), 913-919.
- Sousa, N., & Sampaio, J. (2005). Effects of progressive strength training on the performance of the Functional Reach Test and the Timed Get-Up-and-Go Test in an elderly population from the rural north of Portugal. *Am J Hum Biol*, 17(6), 746-751.
- Spiriduso, Francis, K. L., & MacRae, P. G. (1995). *Physical dimensions of aging*. Stanningley, UK.
- Steffen, T. M., Hacker, T. A., & Mollinger, L. (2002). Age- and gender-related test performance in community-dwelling elderly people: Six-Minute Walk Test, Berg Balance Scale, Timed Up & Go Test, and gait speeds. *Phys Ther*, 82(2), 128-137.
- Stelmach, G. E., & Worringham, C. J. (1985). Sensorimotor deficits related to postural stability. Implications for falling in the elderly. *Clin Geriatr Med*, 1(3), 679-694.
- Studenski, S., Perera, S., Patel, K., Rosano, C., Faulkner, K., Inzitari, M., et al. (2011). Gait speed and survival in older adults. *JAMA*, 305(1), 50-58.
- Swanenburg, J., de Bruin, E. D., Uebelhart, D., & Mulder, T. (2009). Compromising postural balance in the elderly. *Gerontology*, 55(3), 353-360.
- Takahashi, T., Ishida, K., Yamamoto, H., Takata, J., Nishinaga, M., & Doi, Y. (2006). Modification of the functional reach test: analysis of lateral and anterior functional reach in community-dwelling older people. *Arch Gerontol Geriatr*, 42(2), 167-173.
- Takai, I. (2008). Effect of balance exercise on functional reach test and body sway for the frail elderly. *Nippon Ronen Igakkai Zasshi*, 45(5), 505-510.
- Tanaka, H., Dinunno, F. A., Monahan, K. D., Clevenger, C. M., DeSouza, C. A., & Seals, D. R. (2000). Aging, habitual exercise, and dynamic arterial compliance. *Circulation*, 102(11), 1270-1275.
- Thein, L., & Richley, P. (2009). *Aquatic exercise for rehabilitation and training: Human Kinetics*.
- Thomas, D. E., Elliott, E. J., & Naughton, G. A. (2006). Exercise for type 2 diabetes mellitus. *Cochrane Database Syst Rev*, 3, CD002968.
- Toigo, T., Leal Júnior, E. C. P., & Ávila, S. N. (2008). O uso da equoterapia como recurso terapêutico para melhora do equilíbrio estático em indivíduos da terceira idade. *Revista Brasileira de Geriatria e Gerontologia*, 11, 391-403.

- Tsang, T., Orr, R., Lam, P., Comino, E. J., & Singh, M. F. (2007). Health benefits of Tai Chi for older patients with type 2 diabetes: the "Move It For Diabetes study"--a randomized controlled trial. *Clin Interv Aging, 2*(3), 429-439.
- Vogel, T., Brechat, P. H., Lepretre, P. M., Kaltenbach, G., Berthel, M., & Lonsdorfer, J. (2009). Health benefits of physical activity in older patients: a review. *Int J Clin Pract, 63*(2), 303-320.
- Wallace, B. A., & Cumming, R. G. (2000). Systematic review of randomized trials of the effect of exercise on bone mass in pre- and postmenopausal women. *Calcif Tissue Int, 67*(1), 10-18.
- Warren, W. H., Jr., Blackwell, A. W., & Morris, M. W. (1989). Age differences in perceiving the direction of self-motion from optical flow. *J Gerontol, 44*(5), P147-153.
- Washburn, R. A., Smith, K. W., Jette, A. M., & Janney, C. A. (1993). The Physical Activity Scale for the Elderly (PASE): development and evaluation. *J Clin Epidemiol, 46*(2), 153-162.
- Wilson, T. M., & Tanaka, H. (2000). Meta-analysis of the age-associated decline in maximal aerobic capacity in men: relation to training status. *Am J Physiol Heart Circ Physiol, 278*(3), H829-834.
- Winter, D. A. (1995). Human balance and posture control during standing and walking. *Gait Posture, 3*(4), 193-214.
- Winter, D. A. (2005). *Biomechanics and Motor Control of Human Movement*. Hoboken, New Jersey.
- Winter, D. A., Patla, A. E., & Frank, J. S. (1990). Assessment of balance control in humans. *Med Prog Technol, 16*(1-2), 31-51.
- Winter, D. A., Patla, A. E., Frank, J. S., & Walt, S. E. (1990). Biomechanical walking pattern changes in the fit and healthy elderly. *Phys Ther, 70*(6), 340-347.
- Zadnikar, M., & Kastrin, A. (2011). Effects of hippotherapy and therapeutic horseback riding on postural control or balance in children with cerebral palsy: a meta-analysis. *Dev Med Child Neurol, 53*(8), 684-691.

**CAPÍTULO II. Valoración de funcionalidad, fuerza
y equilibrio en una muestra de personas mayores**

II

II.1. Introducción

Existe una tendencia hacia el envejecimiento de la población. Actualmente el 15.3% de la población total tiene 65 o más años en los países desarrollados (IMSERSO, 2009). En España la población de dicha franja de edad representa el 16.7% de la población total y en Cataluña el 16.4% (INE, 2010). La esperanza de vida de un español al nacer es de 81.7 años, según los últimos datos del Instituto Nacional de Estadística actualizados en febrero del 2011 (INE, 2011). Motivo por el cual una gran parte de la vida, alrededor del 20% de los años de vida, se desarrollará a partir de los 65 años. Desafortunadamente, estos últimos años no siempre son con calidad de vida, puesto que un promedio de 6 años son con expectativa de incapacidad (IMSERSO, 2009).

A pesar de que cada individuo envejece de forma distinta, en parte por una combinación genética y del estilo de vida (Chodzko-Zajko, et al., 2009), el colectivo de personas mayores presenta empeoramiento de los sistemas fisiológicos, de aspectos físicos y de aspectos neuro-cognitivos atribuibles al envejecimiento. Es cierto que hay personas mayores sanas que viven independientemente en la comunidad con una vida totalmente autónoma, no obstante, la combinación de estos deterioros atribuibles al envejecimiento puede afectar a la motricidad incidiendo negativamente en la independencia funcional física. Por estos motivos, las personas mayores son una población de especial interés de estudio, haciéndose necesario conocer los parámetros modificables que pueden estar relacionados con la funcionalidad física.

Numerosos estudios realizan la comparación de distintos parámetros motrices entre adultos y mayores con el fin de determinar el efecto del envejecimiento sobre la funcionalidad física. No obstante, no está tan referenciado cómo evolucionan estas capacidades una vez se han cumplido los 60 años, puesto que son más limitados los estudios que comparan mayores jóvenes con muy mayores.

Un indicador de funcionalidad física utilizado comúnmente en poblaciones de personas mayores es la marcha, que además también es indicador de invalidez y de supervivencia (Cesari, et al., 2009; Cress, et al., 1995; Shinkai, et al., 2000; Studenski, et al., 2011). Studenski et al. (2011), en su revisión de 9 estudios con un total de más de 30,000 participantes de ≥ 65 años que vivían independientemente en la comunidad, afirmaron que las personas que presentaban una velocidad de marcha preferida

inferior a 0.8m/s tenían menor esperanza de vida, mientras que velocidades de marcha de $\geq 1.0\text{m/s}$ mostraron una mayor esperanza de vida tanto en mujeres como en hombres y tanto en mayores jóvenes como en muy mayores. Studenski et al. (2011) mostraron predicciones de expectativa de vida según sexo, edad y velocidad de marcha. Según dichos autores, para un mismo valor de velocidad de marcha y una misma franja de edad, las mujeres presentaron mayor posibilidad de supervivencia que los hombres transcurridos 5 años.

La velocidad de la marcha ha sido utilizada para medir la funcionalidad física en personas mayores tanto en el ámbito clínico como en el de investigación (Steffen, et al., 2002; Woollacott & Shumway-Cook, 2002). De hecho, hay autores que afirmaron que la pérdida de velocidad de marcha es uno de los mejores predictores de la aparición de la dependencia funcional tanto en mayores jóvenes como en muy mayores (Laukkanen, et al., 2000; Shinkai, et al., 2000). En nuestro estudio, la funcionalidad física la valoraremos mediante la velocidad de marcha. La velocidad de marcha es comúnmente valorada en estudios con personas mayores, por tratarse de un método sencillo, económico y fiable del registro de la funcionalidad física. Independientemente de si se mide con células fotoeléctricas o con cronómetro manual, la valoración de la velocidad se considera altamente fiable (ICC>.90) (Bohannon, 1997a). Se suele medir en distancias relativamente cortas para que no se vea influenciada por la resistencia, y se valora como el promedio de velocidad en un determinado recorrido en línea recta como en el estudio de Steffen et al. (2002). Puede ser registrada como la máxima velocidad de marcha o como la velocidad de marcha preferida, también denominada como velocidad de marcha confortable, normal o usual. La velocidad de marcha preferida presenta cierta controversia acerca de las instrucciones que debe recibir el participante, mientras que la máxima velocidad de marcha se desarrolla bajo la instrucción inequívoca de caminar lo más rápidamente posible, de forma segura pero sin correr (Steffen, et al., 2002). No obstante, es aconsejable medir la velocidad de marcha preferida en lugar de la máxima velocidad de marcha si existe riesgo de que los participantes no puedan completar con seguridad la valoración de máxima velocidad de marcha (e.g. si los participantes presentan algún tipo de limitación física).

La velocidad de marcha disminuye con el envejecimiento, y presumiblemente la funcionalidad física también. Con el envejecimiento, los adultos pierden velocidad de marcha en similar porcentaje en ambos sexos (1-2% por década). Las personas mayores continúan disminuyendo su funcionalidad física con el envejecimiento, pero parece que en mayor medida en hombres que en mujeres (a partir de los 63 años, pérdida de una media de 12.4% y 16.1% de la velocidad de marcha, en mujeres y hombres, respectivamente) (Himann, et al., 1988). La pérdida de velocidad de marcha se incrementa cuando se pasa de adulto a mayor, pero cabría preguntarse si también incrementa cuando se pasa de mayor joven a muy mayor.

Existen factores que han sido propuestos como contribuyentes al empeoramiento de la velocidad de marcha, estos son la disminución de la fuerza muscular y la dificultad para mantener el equilibrio (Hernandez, et al., 2009; Pizzigalli, et al., 2011). De hecho, hay autores que proponen estos dos aspectos físicos como relevantes para mantener una velocidad de marcha funcional (Ringsberg, et al., 1999; Winter, Patla, & Frank, 1990). Además, las mejoras de ambos parámetros están relacionadas tanto con la independencia funcional de las personas mayores (Shinkai, et al., 2000) como con la reducción y prevención de caídas (Perry, Carville, Smith, Rutherford, & Newham, 2007; Piirtola & Era, 2006), que es una temática de especial interés en personas mayores (Heinrich, et al., 2010). De hecho, el empeoramiento de la marcha, de la fuerza y del equilibrio pueden incrementar el riesgo de caerse en un 290%, 440% y 290%, respectivamente (Rubenstein & Josephson, 2002). Hay autores de estudios con personas mayores que informaron de modelos de predicción de velocidad de marcha que incluían la fuerza muscular y variables relacionadas con el equilibrio (Bohannon, 1997a, 2008; Buchner, Cress, et al., 1996; Buchner, Larson, et al., 1996; Callisaya, et al., 2009). Un ejemplo sería el estudio de Callisaya et al. (2009), donde los autores encontraron un modelo de predicción de velocidad de marcha en personas mayores que incluían la máxima fuerza isométrica de cuádriceps y el balanceo postural como medida de equilibrio.

Cabe destacar que el envejecimiento también produce empeoramiento sobre estos dos factores subyacentes modificables de la velocidad de marcha, que son la fuerza muscular y el equilibrio.

Con respecto a la fuerza muscular, estudios transversales indican que la fuerza llega a su pico máximo alrededor de los 30 años, y se puede mantener hasta la década de los 50 (Larsson, Grimby, & Karlsson, 1979). Aunque entre los 50 y los 60 años se da un decremento de fuerza, es partir de los 60 años que empieza a perderse la fuerza a un ritmo mucho más rápido (Hakkinen, Pastinen, Karsikas, & Linnamo, 1995; Larsson, et al., 1979). Según la revisión de Deschenes (2004), a partir de los 60 años se pierde alrededor del 15% de fuerza por década, detectándose reducciones de entre el 2.5% y el 5% anuales en personas mayores. Es ampliamente conocido como los hombres tienen más fuerza que las mujeres, asimismo, la pérdida de fuerza muscular con el envejecimiento se produce en ambos sexos proporcionalmente al comparar adultos jóvenes con personas mayores. Por ejemplo, según Danneskiold-Samsøe et al. (2009), el momento de fuerza isométrica de extensores de rodilla, entre los 20-29 años y los 70-79 años disminuye de 160.0Nm a 96.6Nm en mujeres y de 242.0Nm a 159.0Nm en hombres y según la revisión sistemática de Beenakker et al. (2010), entre los 25 y los 95 años de edad la fuerza de prensión de mano disminuye de 27.1Kg a 12.8Kg en mujeres y de 45.5Kg a 23.2Kg en hombres. La disminución de la fuerza en ambos sexos en musculatura de extremidades inferiores y superiores se hace evidente en estudios que reportaron valores de referencia de participantes de 20-80 años (Andrews, et al., 1996; Bohannon, 1997b; Danneskiold-Samsøe, et al., 2009). Estas publicaciones incluyeron valores de referencia tanto de fuerza de extensores de rodilla como de fuerza de prensión de mano, que son valoraciones de fuerza de ambas extremidades comúnmente utilizada en estudios con personas mayores. No obstante, cuando los estudios se focalizan en los efectos del envejecimiento en personas mayores existe cierta controversia, puesto que hay autores que encontraron pérdidas significativas de fuerza atribuibles a la edad al comparar mayores jóvenes con muy mayores (Bellew, et al., 2003; Danneskiold-Samsøe, et al., 2009), mientras que otros autores no encontraron tales diferencias (Andrews, et al., 1996).

Con respecto al equilibrio, los estudios indican un empeoramiento del equilibrio con la edad al valorar parámetros del centro de presiones (CdP) sobre una plataforma en tests pseudo-estáticos en bipedestación. Era et al. (2006) valoraron el equilibrio de 7,979 personas de más de 30 años de edad y encontraron un claro deterioro del

equilibrio que empezó en edades relativamente jóvenes y se aceleró a partir de los 60 años. El empeoramiento del equilibrio también se produce en poblaciones de personas mayores, así lo mostraron Masui et al. (2005) en su estudio con 343 personas de 55-83 años de ámbito rural. Diferentes autores (Masui, et al., 2005; Raymakers, et al., 2005) apoyan los resultados de Era et al. (2006), puesto que encontraron que con la edad aumenta el desplazamiento y la velocidad del centro de presiones, lo que indica un empeoramiento del equilibrio. Además, como los hombres tienen peor equilibrio que las mujeres (Era, et al., 2006; Masui, et al., 2005) es necesario presentar los valores de referencia de equilibrio separados por sexo (Era, et al., 2006). La alteración del sistema sensorial, motor y/o atencional con el envejecimiento influye en este empeoramiento del equilibrio de las personas mayores. Con el objeto de valorar las perturbaciones en el control del equilibrio, hay estudios que someten a los participantes a ciertas condiciones mientras deben mantenerse en bipedestación pseudo-estática, como por ejemplo la oclusión de ojos o una tarea cognitiva concurrente (Brauer, Woollacott, & Shumway-Cook, 2001; Era, et al., 2006; Masui, et al., 2005; Woollacott & Shumway-Cook, 2002). Con la oclusión de ojos, en comparación a los ojos abiertos, se empeora el equilibrio en ambos sexos, pero los hombres están más influenciados por la privación de visión que las mujeres (Masui, et al., 2005). Un ejemplo de tarea cognitiva concurrente que puede causar una degradación del control del equilibrio en las personas mayores sanas es contar en voz alta hacia atrás mientras se mantiene el control postural (Swanenburg, et al., 2009). Estas condiciones someten al participante a una dificultad adicional para mantener el equilibrio y simulan las condiciones de control del equilibrio de la vida cotidiana de las personas mayores, que no siempre son con condiciones óptimas. Por ejemplo, con poca luminosidad (e.g. al entrar en una habitación en la que todavía no se ha encendido la luz) o cuando se piensa en algo mientras se está de pie (e.g. recordar la lista de la compra) se puede desestabilizar el control del equilibrio en bipedestación y puede haber un mayor riesgo de caída.

Basándonos en la literatura revisada, el envejecimiento tiene efectos negativos sobre la funcionalidad física, la fuerza muscular y el equilibrio, especialmente a partir de los 60 años de edad. La velocidad de marcha se considera un indicador de funcionalidad,

y está relacionada con la fuerza muscular y con el equilibrio. E incluso existen modelos de predicción de velocidad de marcha que incluyen, entre otros, parámetros de fuerza muscular y de equilibrio. Además, el equilibrio es sensible a ciertas condiciones como la ausencia de visión o una tarea doble concurrente. Y todo ello, puede ser dependiente de la edad en poblaciones de personas mayores, y del sexo.

Los objetivos de este capítulo fueron: i) describir una muestra de población rural de personas mayores mediante la valoración de la marcha y sus factores relacionados de fuerza muscular y equilibrio, ii) evaluar la potencia predictiva de variables generales, de fuerza y de equilibrio sobre la marcha funcional, y iii) examinar los efectos de oclusión de visión o de carga cognitiva sobre el equilibrio. Dichos objetivos se examinaron según edad y sexo cuando se consideró pertinente.

II.2. Métodos

II.2.1. Participantes

Contactamos vía postal con 1,025 personas mayores censadas en el municipio de Alcarrás situado en Cataluña para participar en una reunión informativa sobre el estudio. Asistieron a dicha reunión informativa 450 personas, de las que 61 personas asistieron voluntariamente a una valoración clínica. En la valoración clínica excluimos a 6 personas que no cumplieron los criterios de inclusión. Finalmente, incluimos en el estudio un total de 55 personas de entre 61 y 86 años, de las que 40 fueron mujeres (edad media = 70.2 ± 6.3 años) y 15 hombres (edad media = 77.1 ± 5.7 años). El proceso de reclutamiento se puede consultar en la Figura II-1.

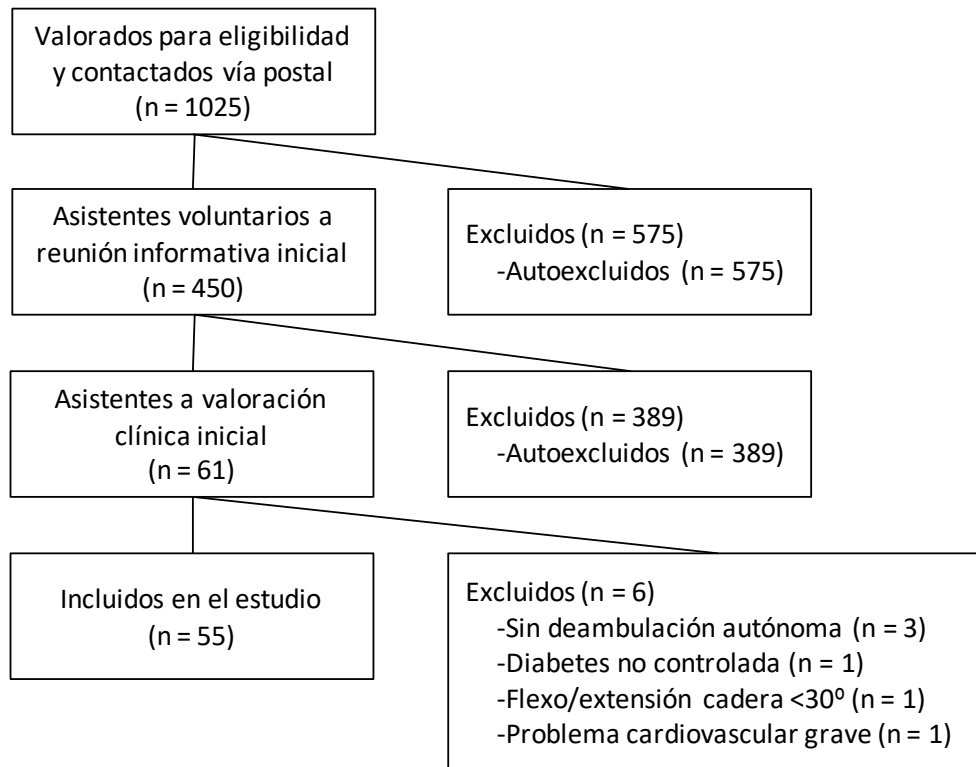


Figura II-1. Diagrama de flujo del proceso de reclutamiento de participantes.

Los criterios de inclusi3n fueron los siguientes: (i) tener 60 a3os o m3s, (ii) tener una deambulaci3n aut3noma, (iii) y tener deseo de realizar ejercicio f3sico e interactuar con un caballo. Los criterios de exclusi3n fueron los siguientes: (i) participar en otro estudio de investigaci3n; (ii) tener historial de ca3idas; (iii) no tener un rango m3nimo de movimiento en cadera, hombro y tobillo (cadera: 30° flexi3n/extensione y 20° abducci3n/adducci3n, hombro: 30° flexi3n/extensione y 30° abducci3n/adducci3n, tobillo: 30° flexi3n dorsal/flexi3n plantar); (iv) y padecer alguna enfermedad cr3nica o incapacitante (neuronales degenerativas, perif3ricas incapacitantes, accidente vascular, estenosis de la columna que limite la actividad f3sica, anemia, c3ncer, enfermedad contagiosa, enfermedad de fatiga, enfermedad inflamatoria cr3nica que incapacite la actividad f3sica, evidencia ortop3dica, discapacidad muscular, discapacidad psicol3gica, hipertensi3n arterial, problemas cardiovasculares o respiratorios de alta gravedad, diabetes, impedimentos visuales / vestibulares / propioceptivos que limiten la actividad f3sica, episodios de depresi3n agudo, deficiencia cognitiva, obesidad -3ndice de masa corporal >33 Kg/m²-).

El comité ético del *Hospital Universitari Arnau de Vilanova de Lleida* informó favorablemente sobre el proyecto de investigación (ver anexo 01) y el comité ético de la *Administració Esportiva de la Generalitat de Catalunya* informó favorablemente sobre el tratamiento de datos del proyecto para la elaboración de la presente tesis doctoral y su futura publicación (ver anexo 02). Todos los participantes firmaron el consentimiento informado antes de participar en el estudio (ver anexo 03).

II.2.2. Procedimiento

Los resultados presentados en este estudio forman parte de una investigación que engloba valoraciones psicológicas, fisiológicas, morfológicas y biomecánicas. Presentamos la parte de resultados biomecánicos, en concreto de la valoración de marcha, fuerza y equilibrio.

Los participantes los evaluamos durante marzo y abril del 2008 en las instalaciones del Instituto Nacional de Educación Física de Lleida. Registramos variables generales con el fin de describir la muestra (sexo, fecha de nacimiento, masa corporal, estatura, nivel de actividad física). Estimamos el nivel de actividad física de ocio, del hogar y ocupacional con el cuestionario PASE (*Physical Activity Scale for the Elderly*), que es un instrumento fiable y válido para la medición del nivel de actividad física en personas mayores (Washburn, et al., 1993). Un médico especializado en geriatría recopiló el historial médico de los participantes mediante anamnesis y realizó la valoración clínica para la comprobación de los criterios de inclusión y exclusión. Los examinadores fueron profesores y estudiantes del Instituto Nacional de Educación Física de Lleida entrenados para la administración de los tests cumpliendo unas instrucciones estandarizadas. El tiempo total de valoración por participante no excedió los 180 minutos. El tiempo de valoración biomecánica, incluyendo los tests de marcha, fuerza y equilibrio fue inferior a 60 minutos. Se realizaron descansos entre los distintos tipos de valoraciones y los distintos intentos. Los participantes llegaban de las valoraciones fisiológicas, al laboratorio de biomecánica de dos en dos, y de forma aleatoria un participante seguía el orden de las pruebas según el protocolo A (equilibrio, marcha y fuerza) y el otro según el protocolo B (marcha, fuerza y equilibrio).

II.2.3. Equipamiento

El laboratorio estaba instrumentalizado con: (i) cuatro células fotoeléctricas para el registro del tiempo de la máxima velocidad de marcha, (ii) un cronómetro manual para el registro del tiempo de la marcha (utilizado solamente por si el sistema de células fotoeléctricas fallaba), (iii) un dinamómetro (CYBEX 6000) para la valoración de fuerza de tren inferior, que ofrece la posición anatómicamente correcta y una estabilización idónea para testar la musculatura que participa en la máxima fuerza isométrica voluntaria de extensores de rodilla, (iv) un dinamómetro hidráulico de mano (JAMAR, J00105, de SAMMONS PRESTON) para la valoración de la máxima fuerza de prensión de mano, (v) una plataforma de fuerzas (Dinascan 600 – Instituto de Biomecánica de Valencia) para el análisis del equilibrio y (vi) una báscula tallímetro modelo Seca 780/783 para la valoración de la estatura y de la masa corporal.

II.2.4. Valoración

A continuación detallaremos las valoraciones que realizamos de marcha, de fuerza y de equilibrio. La hoja de registro utilizada durante la toma de datos se puede consultar en el anexo 04.

II.2.4.1. Marcha

La velocidad de marcha la medimos en una distancia fija de 16 metros de longitud en línea recta. Los participantes debían caminar lo más rápidamente posible, de forma segura y sin correr. El test empezaba y terminaba caminando 2 metros antes y después de la zona registrada para evitar aceleración y desaceleración al principio o al final del recorrido respectivamente (Macfarlane & Looney, 2008). Colocamos dos pares de células fotoeléctricas para medir objetivamente el tiempo, un par al inicio del recorrido de 16 metros de longitud y el otro par al finalizar (ver Figura II-2). También realizamos un registro del tiempo mediante un cronómetro manual por si el sistema de células fotoeléctricas fallaba. La medida de la velocidad de marcha es altamente fiable independientemente de si se registra con células fotoeléctricas o con cronómetro manual (Bohannon, 1997a). Al finalizar el primer intento, los participantes volvían al

punto de salida para realizar el siguiente intento, hasta completar un total de 3 intentos. Un menor tiempo de registro indicaba una mayor velocidad.



Figura II-2. Esquema de la valoración de la máxima velocidad de marcha. Registro del tiempo de la zona central de 16 metros de longitud mediante un sistema de células fotoeléctricas. Hay una zona de aceleración y otra de deceleración de dos metros de longitud cada una.

II.2.4.2. Fuerza

Para la valoración de la fuerza de tren inferior, los participantes se sentaron en la CYBEX 6000 y realizaron el test de fuerza máxima isométrica de contracción voluntaria de extensores de rodilla de una sola pierna siguiendo el protocolo de posicionamiento del propio instrumento. Evaluamos la fuerza de ambas piernas por separado bajo dos condiciones de flexión de rodilla: 60° y 90°, siendo 0° la extensión completa. El orden establecido para las cuatro valoraciones fue: (i) valoración de la pierna derecha a 60° de flexión de rodilla, (ii) valoración de la pierna derecha a 90° de flexión de rodilla, (iii) valoración de la pierna izquierda a 60° de flexión de rodilla, y (iv) valoración de la pierna izquierda a 90° de flexión de rodilla.

Los participantes debían realizar la máxima contracción voluntaria isométrica durante un periodo de cuatro segundos utilizando su musculatura extensora de rodilla. En cada intento, los investigadores realizaban un refuerzo verbal diciendo en voz alta “más fuerte” tres veces consecutivas. Realizaron tres intentos de cada una de las cuatro valoraciones. El primer intento lo utilizamos como práctica después de un calentamiento y los dos siguientes intentos los registramos. Hubo un descanso de 30 segundos entre cada intento.

En la valoración de la fuerza de tren superior, los participantes debían realizar la máxima fuerza isométrica de prensión de mano durante un periodo de cinco segundos. Primero valoramos el brazo derecho y a continuación el izquierdo. En esta prueba también hubo un descanso de 30 segundos entre cada uno de los tres intentos para cada mano.

II.2.4.3. Equilibrio

Cada participante se situó descalzo en bipedestación sobre la plataforma de fuerzas, con los pies paralelos y con una separación confortable escogida por el propio participante. Dibujamos el trazo de los pies del participante sobre un adhesivo colocado previamente sobre la plataforma y que sirvió para la medición de la base de sustentación. Los participantes debían mantenerse de pie, lo más inmóviles posible, sin hablar, con las manos apoyadas en la cintura durante 20 segundos mientras se registraban los valores de balanceo postural. El CdP los computamos a través de la plataforma de fuerzas con una frecuencia de señal de 500 Hz. Las variables del CdP las valoramos en los ejes antero-posterior (AP) y medio-lateral (ML). Valoramos el equilibrio pseudo-estático bajo tres condiciones: (i) en bipedestación con ojos abiertos (OA); (ii) en bipedestación con ojos cerrados (OC); y (iii) en bipedestación con carga cognitiva (CC). El orden de las tres condiciones lo establecimos aleatoriamente. En la condición de OA, los participantes debían mantener la mirada en un punto fijo marcado a 2 metros de distancia a la altura de los ojos. En la condición de OC, los participantes tenían un antifaz en los ojos que les tapaba la visión completamente. En la condición de CC, los participantes debían contar números de dos en dos hacia atrás partiendo desde 100.

II.2.5. Reducción de datos y variables

Calculamos el índice de masa corporal (IMC) como el ratio entre la masa corporal (Kg) y el cuadrado de la estatura (m). Generamos variables finales resumen de marcha, fuerza y equilibrio tal y como se explicará a continuación. Para cada una de las variables de equilibrio hicimos un análisis estadístico previo que consistió en el análisis de la varianza (ANOVA) de medidas repetidas y de una vía, donde se comprobó que no

había diferencias significativas entre los distintos intentos para ninguna de las variables.

II.2.5.1. Marcha

La variable que obtuvimos en la medición de la máxima velocidad de marcha fue el tiempo. Escogimos el mejor de los intentos (el menor valor de tiempo de los 3 intentos) y lo transformamos en la variable de máxima velocidad de marcha (*Vmarcha*), entendida como el promedio de velocidad del registro elegido (m/s). Consultar la Tabla II-1 como resumen de variables y unidades de medida.

II.2.5.2. Fuerza

En la medición de la fuerza de piernas obtuvimos las variables de momento de fuerza máxima voluntaria isométrica de extensores de rodilla para ambas piernas y para ambas condiciones de flexión de rodilla expresadas en Newtons metro (Nm). Escogimos el mejor de los intentos registrados (el mayor valor). Respetando la nomenclatura de la literatura, los momentos de fuerzas los denominaremos simplemente como fuerzas. Obtuvimos las siguientes variables: *Fmax60d* como la fuerza máxima isométrica de extensores de rodilla con la pierna derecha a 60° de flexión, *Fmax90d* como la fuerza máxima isométrica de extensores de rodilla con la pierna derecha a 90° de flexión, *Fmax60i* como la fuerza máxima isométrica de extensores de rodilla con la pierna izquierda a 60° de flexión, y *Fmax90i* como la fuerza máxima isométrica de extensores de rodilla con la pierna izquierda a 90° de flexión. Dado que cada persona tiene una fuerza distinta en extremidad izquierda y derecha, se generaron las variables de máxima fuerza total (independientemente de si era pierna izquierda o derecha), denominadas como: *Fmax60* y *Fmax90*. Cada una de estas seis variables la normalizamos generando una nueva variable de fuerza dividida por la masa corporal de cada participante y expresada en % Nm/Kg. Dichas variables las denominamos *Fmax60dR*, *Fmax90dR*, *Fmax60iR*, *Fmax90iR*, *Fmax60R* y *Fmax90R*.

En la medición de la máxima fuerza de prensión de mano, expresada en Kg, también escogimos el mejor de los tres intentos realizados (el mayor valor). Las variables fueron *HandI* como la fuerza de prensión de mano izquierda y *HandD* como la fuerza de prensión de mano derecha. Generamos la variable de máxima fuerza total de

presión de mano (independientemente de si era mano izquierda o derecha), denominada como: *Hand*. Para cada una de estas tres variables generamos una nueva variable de fuerza normalizada por la masa corporal de cada participante, expresadas en % y denominadas *HandIR*, *HandDR* y *HandR*. Consultar la Tabla II-1 como resumen de variables y unidades de medida.

II.2.5.3. Equilibrio

El CdP lo computamos a través del software de la plataforma de fuerzas con una frecuencia de señal de 500 Hz. Los datos obtenidos de la plataforma de fuerzas los tratamos con un programa de Matlab 7.0.1 creado para el cálculo de las variables de equilibrio. Todas las variables las normalizamos con respecto a la base de sustentación de cada participante en ambos ejes (AP y ML). Dicha base de sustentación la calculamos tal y como muestra la Figura II-3. Marcamos el punto más adelantado del pie izquierdo (1) y del pie derecho (1'), marcamos el punto más atrasado del pie izquierdo (2) y del pie derecho (2'), trazamos una línea recta entre los puntos 1 y 1', trazamos una línea recta entre los puntos 2 y 2', marcamos el punto medio de la recta 1-1' (1''), marcamos el punto medio de la recta 2-2' (2''), trazamos una línea entre los puntos 1'' y 2'' (a) y trazamos una línea perpendicular a la línea a que la cruzó en el punto equidistante entre 1'' y 2'' (b). La longitud de la línea a la utilizamos para la normalización de los valores del CdP en el eje AP, mientras que la longitud de la línea b la utilizamos para la normalización en el eje ML. Desestimamos los intentos en los que registramos alguna incidencia que incumpliese el protocolo de valoración explicado anteriormente (e.g. mover las manos, sacar un pie fuera de la plataforma, hablar, o no mantener la mirada fija al frente durante la condición de OA). Generamos las variables finales consistentes en el promedio de los intentos válidos.

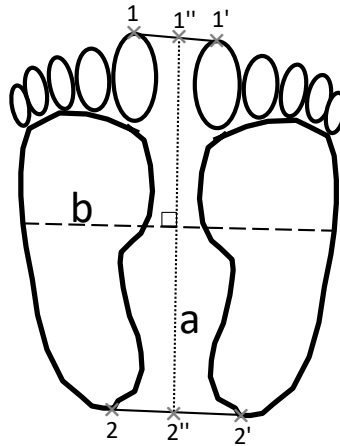


Figura II-3. Cálculo de la base de sustentación. La longitud *a* se utilizó para la normalización de las variables en el eje AP y la longitud *b* para la normalización de las variables en el eje ML.

Para cada eje obtuvimos cinco variables: trayectoria (*Tray*), velocidad (*Vel*), máxima distancia (*Maxd*), pico de velocidad (*Pvel*) y variabilidad (*Var*). La trayectoria entendida como la suma de todo el recorrido del CdP (mm), la velocidad expresada como un promedio teniendo en cuenta la trayectoria total en los 20 segundos de registro (mm/s), la máxima distancia entendida como la diferencia entre el valor máximo y mínimo de la trayectoria en el eje correspondiente (mm), el pico de velocidad como el valor máximo de velocidad de todo el registro (mm/s) y la variabilidad entendida como la desviación estándar del recorrido del CdP (mm). Además añadimos la variable *ratio*, que es la fracción entre distancia máxima del eje AP con respecto al eje ML. Consultar la Tabla II-1 como resumen de variables y unidades de medida.

Tabla II-1. Variables generales, de velocidad de marcha, de fuerza y de equilibrio con sus respectivas unidades de medida y descripción

Variables	Unidad de medida	Descripción
Generales		
Masa	Kg	Masa corporal
Estatura	m	Estatura corporal
IMC	Kg/m ²	Índice de masa corporal (masa/estatura ²)
NivelAF	-	Nivel de actividad física (según cuestionario PASE)
Velocidad de marcha		
Vmarcha	m/s	Máxima velocidad de marcha
Fuerza muscular		
Fmax60d	Nm	F. Pierna derecha. 60° de flexión
Fmax90d	Nm	F. Pierna derecha. 90° de flexión
Fmax60i	Nm	F. Pierna izquierda. 60° de flexión
Fmax90i	Nm	F. Pierna izquierda. 90° de flexión
Fmax60	Nm	F total. 60° de flexión
Fmax90	Nm	F total. 60° de flexión
Fmax60dR	% Nm/Kg	F. Pierna derecha. 60° de flexión. Normalizada por masa corporal
Fmax90dR	% Nm/Kg	F. Pierna derecha. 90° de flexión. Normalizada por masa corporal
Fmax60iR	% Nm/Kg	F. Pierna izquierda. 60° de flexión. Normalizada por masa corporal
Fmax90iR	% Nm/Kg	F. Pierna izquierda. 90° de flexión. Normalizada por masa corporal
Fmax60R	% Nm/Kg	F total. 60° de flexión. Normalizada por masa corporal
Fmax90R	% Nm/Kg	F total. 60° de flexión. Normalizada por masa corporal
HandD	Kg	Fuerza de prensión de mano derecha
HandI	Kg	Fuerza de prensión de mano izquierda
Hand	Kg	Fuerza de prensión de mano total
HandDR	%	Fuerza de prensión de mano derecha. Normalizada por masa corporal
HandIR	%	Fuerza de prensión de mano izquierda. Normalizada por masa corporal
HandR	%	Fuerza de prensión de mano total. Normalizada por masa corporal
Equilibrio		
BdS	m	Base de sustentación
Tray	mm	Trayectoria: suma de todo el recorrido del CdP
Vel	mm/s	Velocidad: promedio de velocidad de todo el registro
Maxd	m	Máxima distancia: diferencia entre el valor máximo y mínimo
Pvel	mm/s	Pico de velocidad: valor máximo de velocidad de todo el registro
Var	mm	Variabilidad: desviación estándar del recorrido del CdP
ratio	-	Ratio: fracción entre distancia máxima AP con respecto a ML

Nota. F: Momento de fuerza máxima isométrica de extensores de rodilla, CdP: centro de presiones, AP: eje antero-posterior, ML: eje medio-lateral.

II.2.6. Análisis estadístico

Los datos los analizamos usando el SPSS para Windows (versión 15.0). La normalidad de la distribución de cada variable la comprobamos mediante la prueba de Shapiro-Wilk y las variables que no se ajustaban a la normalidad fueron transformadas.

Utilizamos estadísticos descriptivos apropiados para las variables generales, de marcha, de fuerza y de equilibrio. Utilizamos la media y la desviación estándar para la descripción de cada variable. Aplicamos t-tests con el fin de comprobar si había diferencias en las variables demográficas, de fuerza y de equilibrio en función de los grupos de edad o del sexo. La prueba de chi-cuadrado la aplicamos para las variables categóricas con el mismo fin.

Utilizamos el análisis de regresión paso a paso con el fin de buscar los mejores predictores de la máxima velocidad de marcha. Excluimos variables según el siguiente criterio: cuando dos variables presentaban una correlación de Pearson ≥ 0.8 , se excluyó del análisis la que menor correlación presentaba con la variable dependiente (*Vmarcha*). Aplicamos correcciones necesarias mediante Cochrane-Orcutt cuando se incumplió la homocedasticidad según el test de Durbin-Watson. Los valores de R^2 presentados fueron los ajustados, es decir, corregidos en función del número de variables independientes del modelo. Realizamos varias regresiones paso a paso en función de la pregunta de investigación y de la población. Aplicamos dos tipos de regresiones, una primera regresión global que incluyó todas las variables medidas (IMC, estatura, nivel de actividad física, edad, variables de fuerza relativa a la masa corporal y variables de equilibrio) y una segunda regresión de capacidades motrices que incluyó las variables relacionadas con la condición motriz (variables de fuerza relativa a la masa corporal y variables de equilibrio). Este par de regresiones la aplicamos a la totalidad de la muestra, a la muestra de personas mayores jóvenes, a la muestra de personas muy mayores y a la muestra de mujeres. Desestimamos la regresión para la muestra de hombres por presentar un tamaño de la muestra muy pequeño en relación al número de variables independientes de la regresión.

Con el fin de determinar las diferencias de equilibrio en función de la condición aplicada utilizamos, para variables de distribución normal, un ANOVA de medidas repetidas sobre las tres condiciones de equilibrio: OA, OC y CC, para cada variable de

equilibrio. Dependiendo de la muestra a la que se aplicó la hicimos con o sin el factor grupo. Realizamos comparaciones post hoc para las distintas condiciones. En las variables que no presentaron una distribución normal aplicamos pruebas no paramétricas para muestras relacionadas (prueba de Friedman) y t-test con las condiciones emparejadas. Cuando el ANOVA lo aplicamos con el factor grupo, en las variables que no presentaban una distribución normal transformamos la variable en rangos. El valor de p lo ajustamos mediante Bonferroni cuando fue necesario. Los resultados los consideramos estadísticamente significativos cuando $p < .05$.

II.3. Resultados

Los resultados de este capítulo los presentamos organizados en tres secciones: la primera incluye toda la muestra, la segunda incluye la muestra por subgrupo de edad y la tercera por subgrupo de sexo. Dentro de cada una de estas tres secciones presentamos en primer lugar los datos descriptivos, incluyendo la información general, de marcha, de fuerza y de equilibrio; en segundo lugar los resultados de predicción de marcha funcional, incluyendo un modelo global y otro de capacidades físicas; y en tercer lugar los efectos de visión y carga cognitiva en el equilibrio.

II.3.1. Descriptiva y análisis para toda la muestra

II.3.1.1. Datos descriptivos

La información general de todos los participantes, incluyendo el nivel de actividad física subjetivo y la máxima velocidad de marcha, se puede consultar en la Tabla II-2. La información descriptiva de fuerza y de equilibrio se puede consultar en la Tabla II-3 y en la Tabla II-4, respectivamente.

Tabla II-2. Características descriptivas de toda la muestra de participantes

n	55
Mujeres (n, %)	40 , 72.73
Edad (años)	72.09 ± 6.85
Masa corporal (Kg)	72.08 ± 11.51
Estatura (m)	1.57 ± 0.07
Índice de masa corporal (Kg/m ²)	29.05 ± 3.97
Nivel de actividad física (0-250+)	88.08 ± 45.67
Velocidad de marcha (m/s)	1.67 ± 0.25

Nota. Los valores son la media ± desviación estándar para las variables continuas, y n y % para la variable categórica.

Tabla II-3. Fuerza máxima de extensores de rodilla y de prensión de mano por lado y máximo valor de toda la muestra

	Derecha	Izquierda	Máximo
Extensores de rodilla (Nm)			
Flexión rodilla: 60 grados	91.80 ± 36.35	95.40 ± 37.10	98.98 ± 36.21
Flexión rodilla: 90 grados	91.41 ± 38.57	93.25 ± 37.53	99.33 ± 37.90
Extensores de rodilla normalizado (Nm/Kg·100) [†]			
Flexión rodilla: 60 grados	126.17 ± 40.82	131.71 ± 41.88	136.67 ± 39.91
Flexión rodilla: 90 grados	125.69 ± 43.64	128.31 ± 41.80	136.96 ± 41.85
Prensión de mano (Kg)	19.35 ± 5.84	18.71 ± 6.64	20.16 ± 6.43
Prensión de mano normalizado (%) [†]	26.80 ± 6.80	25.81 ± 7.59	27.84 ± 7.18

Nota. Los valores son la media ± desviación estándar. [†]Valores normalizados por la masa corporal del participante.

Tabla II-4. Base de sustentación y variables de equilibrio por condiciones y ejes de toda la muestra

	AP	ML	Ratio AP/ML	
Base de sustentación (m)	0.252 ± 0.014	0.285 ± 0.037		
OA				
Trayectoria (mm)	0.58 ± 0.29	0.31 ± 0.17	---	---
Velocidad (mm/s)	0.03 ± 0.01	0.02 ± 0.01	---	---
Máxima distancia (mm)	0.07 ± 0.02	0.04 ± 0.03	---	---
Pico de velocidad (mm/s)	0.15 ± 0.08	0.08 ± 0.06	---	---
Variabilidad (mm)	0.01 ± 0.00	0.01 ± 0.01	---	---
Ratio máximas distancias	---	---	2.07 ± 1.12	
OC				
Trayectoria (mm)	0.83 ± 0.47	0.41 ± 0.26	---	---
Velocidad (mm/s)	0.04 ± 0.02	0.02 ± 0.01	---	---
Máxima distancia (mm)	0.09 ± 0.03	0.05 ± 0.04	---	---
Pico de velocidad (mm/s)	0.21 ± 0.13	0.11 ± 0.08	---	---
Variabilidad (mm)	0.02 ± 0.01	0.01 ± 0.01	---	---
Ratio máximas distancias	---	---	2.26 ± 1.16	
CC				
Trayectoria (mm)	0.85 ± 0.43	0.45 ± 0.25	---	---
Velocidad (mm/s)	0.04 ± 0.02	0.02 ± 0.01	---	---
Máxima distancia (mm)	0.09 ± 0.05	0.06 ± 0.04	---	---
Pico de velocidad (mm/s)	0.22 ± 0.11	0.12 ± 0.06	---	---
Variabilidad (mm)	0.02 ± 0.01	0.01 ± 0.01	---	---
Ratio máximas distancias	---	---	1.89 ± 0.86	

Nota. Los valores son la media ± desviación estándar. Variables de equilibrio normalizadas por la base de sustentación de cada participante. Condiciones: ojos abiertos (OA), ojos cerrados (OC) y carga cognitiva (CC). Ejes: antero-posterior (AP) y medio-lateral (ML).

II.3.1.2. Predicción de velocidad de marcha

Aplicamos dos regresiones paso a paso a la totalidad de la muestra. En la primera regresión pretendimos determinar los posibles predictores de la velocidad de marcha, como indicativo de funcionalidad física, e incluimos todas las variables medidas. Mientras que en la segunda regresión pretendimos determinar los posibles predictores de la velocidad de marcha e incluimos solamente variables medidas y relacionadas con la capacidad motriz (fuerza muscular y equilibrio).

En la primera regresión, el valor de R^2 ajustada indicó que el 64% de la varianza de V_{marcha} se explicó por una combinación de tres variables estadísticamente significativas (todas $p < .05$): máxima fuerza total de extensores de rodilla a 60° normalizada por masa corporal (F_{max60R}), edad y nivel de actividad física ($niveIAF$).

Además, el análisis de la regresión mostró como la variable *Fmax60R*, por sí sola, explicó el 48% de la varianza de la máxima velocidad de marcha (*Vmarcha*) y fue el mejor predictor estadísticamente significativo ($\beta=.61$). El coeficiente estandarizado β de la edad ($\beta=-.35$) mostró una asociación negativa con *Vmarcha* y fue significativo ($p<.001$), mientras que el coeficiente estandarizado β del *nivelAF* ($\beta=.18$) mostró una asociación positiva con *Vmarcha* y también fue significativo ($p<.05$). El modelo de regresión se puede consultar en la Figura II-4.

$$Vmarcha = 1.980 + .004 (Fmax60R) - .013 (edad) + .001 (nivel AF)$$

Figura II-4. Ecuación del modelo de regresión global para toda la muestra.

En la Figura II-5 se puede consultar un diagrama de dispersión con *Vmarcha* como variable dependiente y *Fmax60R*, edad y *nivelAF* como variables independientes (con sus respectivas líneas de tendencia).

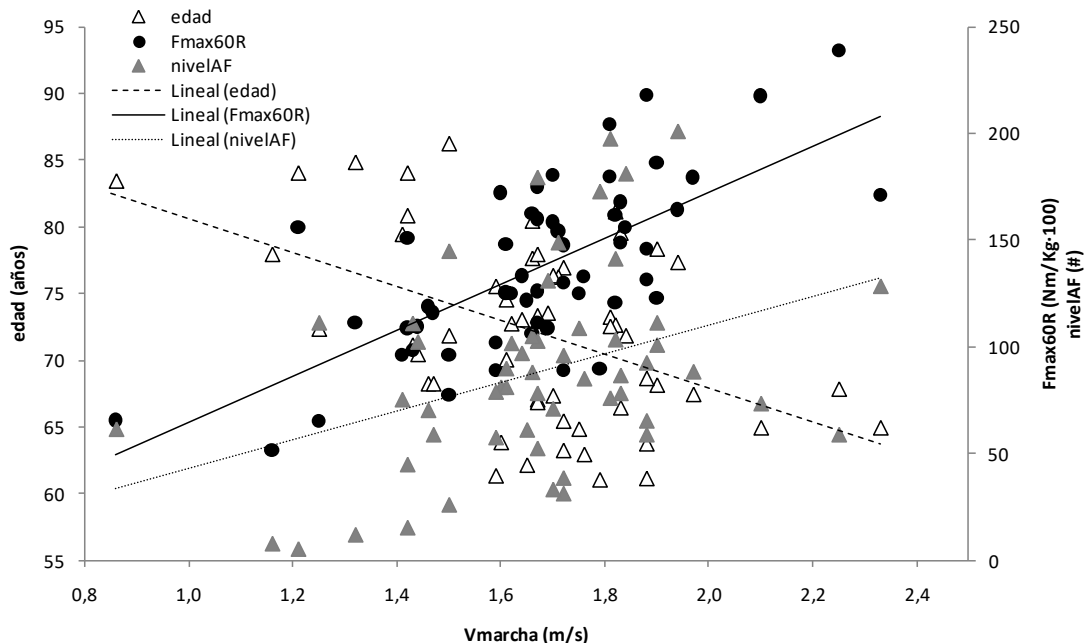


Figura II-5. Modelo global: relación de tres variables predictoras (*Fmax60R*, edad y *nivelAF*) con la variable dependiente (*Vmarcha*) en el análisis de regresión para toda la muestra.

En la segunda regresión, la de capacidades motrices, la R^2 ajustada indicó que el 50% de la varianza de *Vmarcha* se explicó por una combinación de dos variables: *Fmax60R*, y máxima distancia en el eje AP con OC transformada ($TMaxd-AP-oc = Maxd-AP-oc^{1/2}$). Las dos variables fueron predictoras estadísticamente significativas ($p < .05$). En esta nueva regresión, la variable *Fmax60R* explicó, por sí sola, el 48% de la varianza de *Vmarcha* y fue el mejor predictor estadísticamente significativo ($\beta = .65$). El coeficiente estandarizado β de *TMaxd-AP-oc* ($\beta = -.23$) mostró una asociación negativa con *Vmarcha* y fue significativo ($p < .05$). Este nuevo modelo de regresión se puede consultar en la Figura II-6.

$$Vmarcha = 1.441 + .004 (Fmax60R) - 1.194 (TMaxd-AP-oc)$$

Figura II-6. Ecuación del modelo de regresión de capacidades motrices para toda la muestra.

En la Figura II-7 se puede consultar un diagrama de dispersión con *Vmarcha* como variable dependiente y *Fmax60R* y *Maxd-AP-oc* como variables independientes (con sus respectivas líneas de tendencia). *Maxd-AP-oc* la presentamos en valores no transformados para facilitar su interpretación.

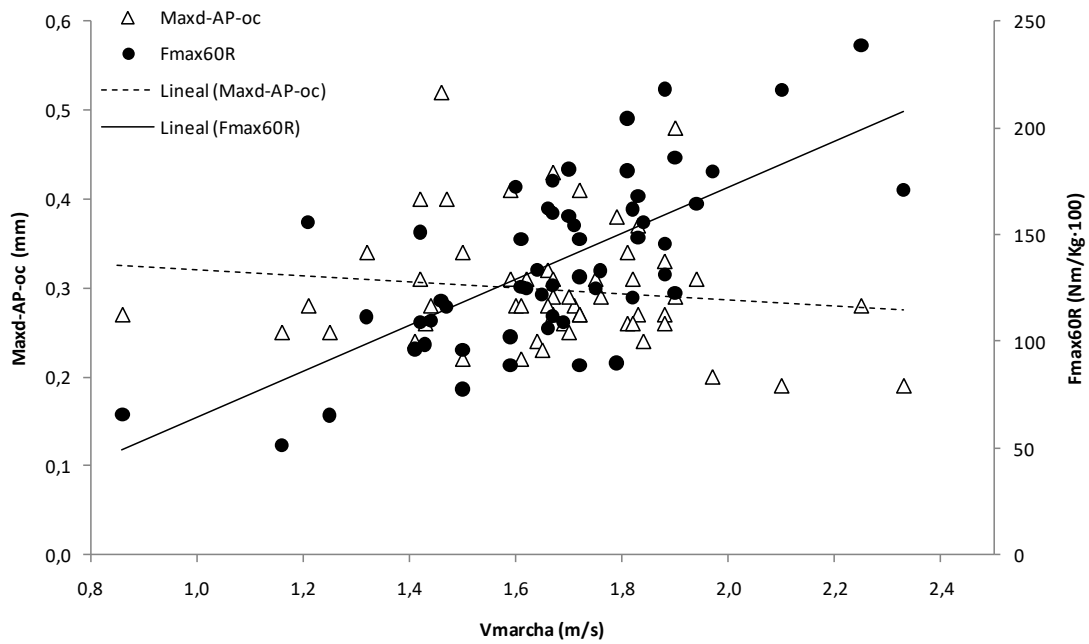


Figura II-7. Modelo de capacidades motrices: relación de dos variables predictoras (*Fmax60R*, *Maxd-AP-oc*) con la variable dependiente (*Vmarcha*) en el análisis de regresión para toda la muestra.

II.3.1.3. Efectos de visión y carga cognitiva en el equilibrio

Tanto los ANOVAs de medidas repetidas como las pruebas no paramétricas aplicadas a las variables no normales mostraron de forma significativa como el equilibrio no es el mismo bajo las tres condiciones (OA, OC y CC) ($p < .001$ para aquellas variables que presentan medición en los dos ejes, $p < .05$ para la variable *ratio*). Se pueden consultar los estadísticos de los anteriores análisis y sus grados de libertad en la Tabla II-5. Los resultados de los t-test realizados por pares de condiciones también se pueden consultar en la Tabla II-5.

Tabla II-5. Análisis de la varianza de las variables de equilibrio. Tres condiciones: ojos abiertos (OA), ojos cerrados (OC) y carga cognitiva (CC). Toda la muestra

	F / χ^2 Friedmant	gl	sig (p)	Comparación por pares
Eje antero-posterior				
Trayectoria	55.61	(2, 108)	<.001	OA < OC, CC
Máxima distancia	20.55	(2, 108)	<.001	OA < OC, CC
Pico de velocidad†	50.44	(2)	<.001	OA < OC, CC
Variabilidad†	23.16	(2)	<.001	OA < OC, CC
Eje medio-lateral				
Trayectoria†	51.53	(2)	<.001	OA < OC, CC
Máxima distancia	27.27	(2, 108)	<.001	OA < OC < CC
Pico de velocidad†	18.04	(2)	<.001	OA < OC, CC
Variabilidad†	34.51	(2)	<.001	OA < OC < CC
Ratio	4.80	(2, 108)	<.050	OC > CC

Nota. †Para variables de distribución no normal se utilizaron pruebas no paramétricas (Friedman).

En la comparación por pares, encontramos que en todas las variables que presentan medición en los dos ejes hubo diferencias significativas entre la condición de OA y las otras dos condiciones (OC y CC). Además, los resultados indicaron que solo para las variables de *máxima distancia* y *variabilidad* del eje ML las diferencias también fueron significativas entre OC y CC. Por otro lado, en la variable de *ratio* encontramos diferencia significativa ($p < .05$) solamente entre las condiciones de OC y CC (ver Figura II-8).

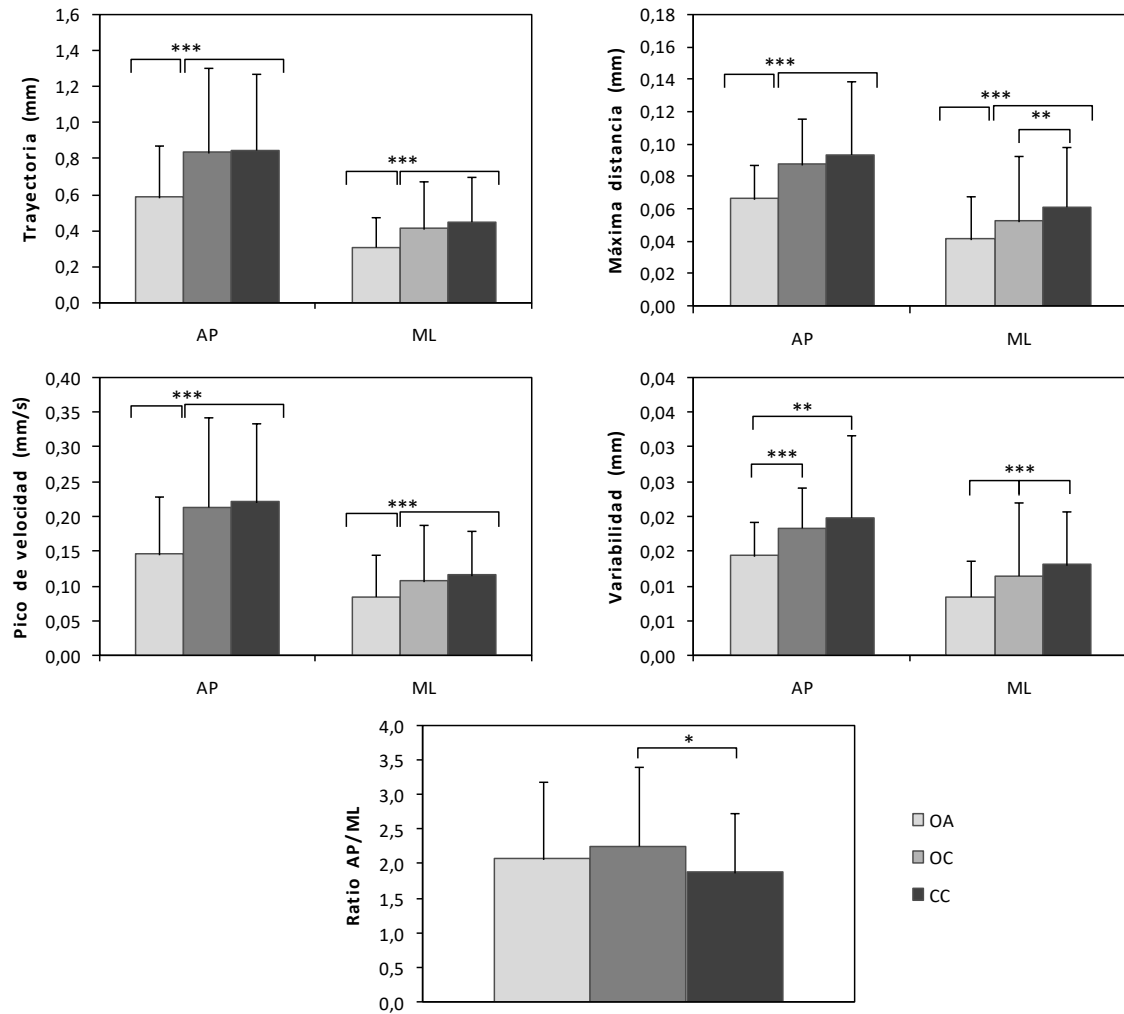


Figura II-8. Media y desviación estándar de las variables de equilibrio (trayectoria, máxima distancia, pico de velocidad, variabilidad) en el eje antero-posterior (AP), el eje medio-lateral (ML) y el ratio, en las condiciones de ojos abiertos (OA), ojos cerrados (OC) y carga cognitiva (CC). Significancia estadística de la diferencia entre condiciones: *p<.05, **p<.01, ***p<.001.

II.3.2. Descriptiva y análisis de la muestra por grupo de edad

II.3.2.1. Datos descriptivos

La descripción de la información general de todos los participantes separada por grupo de edad (rango de edad de mayores jóvenes: 61.0-71.8 años, rango de edad de muy mayores: 72.3-86.2 años), incluyendo el nivel de actividad física subjetivo y la máxima velocidad de marcha se puede consultar en la Tabla II-6. Encontramos diferencias estadísticamente significativas entre los dos grupos de edad solamente en las variables de edad (p<.001) y de velocidad de marcha (p=.012), como era de esperar.

Tabla II-6. Descripción de la muestra de participantes por grupo de edad y valor de significancia del t-test y de la prueba de chi-cuadrado.

	Mayores jóvenes	Muy mayores	Sig (p)
N (n, %) [†]	27 , 49.09	28 , 50.91	ns
Edad (años)	66.30 ± 3.25	77.68 ± 4.20	<.001
Peso corporal (Kg)	71.03 ± 10.38	73.09 ± 12.60	ns
Estatura (m)	1.57 ± 0.06	1.58 ± 0.08	ns
Índice de masa corporal (Kg/m ²)	28.88 ± 3.84	29.21 ± 4.17	ns
Nivel de actividad física (0-250+)	88.96 ± 35.79	87.23 ± 54.19	ns
Velocidad de marcha (m/s)	1.75 ± 0.23	1.59 ± 0.25	0.012

Nota. Los valores son la media ± desviación estándar para las variables continuas, y n y % para la variable categórica. [†]Chi cuadrado para variables categóricas.

Los valores medios y la desviación estándar de los tests de fuerza y de equilibrio de la muestra por edad se pueden consultar en la Tabla II-7 y en la Tabla II-8, respectivamente. El t-test aplicado a las variables de fuerza mostró como no hubo diferencias significativas entre mayores jóvenes y muy mayores.

Los resultados del ANOVA 2x3 aplicado a las variables de equilibrio (dos grupos de edad × tres condiciones de equilibrio) los explicaremos más adelante, en la sección II.3.2.3.

Tabla II-7. Fuerza máxima de extensores de rodilla y de prensión de mano por subgrupo de edad, lado y máximo valor

	Derecha	Izquierda	Máximo
Mayores jóvenes (n=27)			
Extensores de rodilla (Nm)			
Flexión rodilla: 60 grados	93.48 ± 36.57	97.19 ± 35.94	100.81 ± 35.82
Flexión rodilla: 90 grados	91.15 ± 36.63	94.00 ± 35.13	100.59 ± 35.45
Extensores de rodilla normalizado (Nm/Kg·100)†			
Flexión rodilla: 60 grados	130.78 ± 40.25	136.06 ± 41.07	141.33 ± 40.07
Flexión rodilla: 90 grados	127.18 ± 39.63	131.51 ± 41.21	140.61 ± 38.82
Prensión de mano (Kg)	19.34 ± 5.49	18.06 ± 5.15	19.71 ± 5.24
Prensión de mano normalizado (%)†	27.30 ± 6.89	25.58 ± 6.88	27.87 ± 6.67
Muy mayores (n=28)			
Extensores de rodilla (Nm)			
Flexión rodilla: 60 grados	90.11 ± 36.75	93.68 ± 38.75	97.21 ± 37.14
Flexión rodilla: 90 grados	91.67 ± 41.12	92.54 ± 40.35	98.11 ± 40.74
Extensores de rodilla normalizado (Nm/Kg·100)†			
Flexión rodilla: 60 grados	121.56 ± 41.62	127.51 ± 42.98	132.17 ± 39.96
Flexión rodilla: 90 grados	124.21 ± 48.03	125.22 ± 42.89	133.45 ± 45.00
Prensión de mano (Kg)	19.36 ± 6.26	19.34 ± 7.87	20.59 ± 7.47
Prensión de mano normalizado (%)†	26.33 ± 6.79	26.03 ± 8.34	27.82 ± 7.77

Nota. Los valores son la media ± desviación estándar. †Valores normalizados por la masa corporal del participante.

Tabla II-8. Base de sustentación y variables de equilibrio por condiciones, edad y ejes.

	Mayores jóvenes (n=27)				Muy mayores (n=28)							
	AP		ML		AP/ML		AP/ML					
Base de sustentación (m)	0.250 ± 0.013		0.281 ± 0.040		0.255 ± 0.015		0.288 ± 0.035					
OA												
Trayectoria (mm)	0.49 ± 0.16		0.31 ± 0.19		---	---	0.67 ± 0.36		0.31 ± 0.14		---	---
Velocidad (mm/s)	0.02 ± 0.01		0.02 ± 0.01		---	---	0.03 ± 0.02		0.02 ± 0.01		---	---
Máxima distancia (mm)	0.07 ± 0.03		0.04 ± 0.04		---	---	0.06 ± 0.02		0.04 ± 0.02		---	---
Pico de velocidad (mm/s)	0.13 ± 0.06		0.09 ± 0.08		---	---	0.16 ± 0.10		0.08 ± 0.04		---	---
Variabilidad (mm)	0.01 ± 0.01		0.01 ± 0.01		---	---	0.01 ± 0.00		0.01 ± 0.00		---	---
Ratio máximas distancias	---	---	---	---	2.30 ± 1.48		---	---	---	---	1.84 ± 0.56	
OC												
Trayectoria (mm)	0.70 ± 0.28		0.40 ± 0.27		---	---	0.97 ± 0.57		0.42 ± 0.25		---	---
Velocidad (mm/s)	0.03 ± 0.01		0.02 ± 0.01		---	---	0.05 ± 0.03		0.02 ± 0.01		---	---
Máxima distancia (mm)	0.09 ± 0.03		0.05 ± 0.05		---	---	0.09 ± 0.03		0.05 ± 0.02		---	---
Pico de velocidad (mm/s)	0.18 ± 0.11		0.11 ± 0.10		---	---	0.24 ± 0.14		0.10 ± 0.06		---	---
Variabilidad (mm)	0.02 ± 0.01		0.01 ± 0.01		---	---	0.02 ± 0.01		0.01 ± 0.01		---	---
Ratio máximas distancias	---	---	---	---	2.44 ± 1.40		---	---	---	---	2.09 ± 0.84	
CC												
Trayectoria (mm)	0.76 ± 0.34		0.43 ± 0.25		---	---	0.93 ± 0.49		0.46 ± 0.26		---	---
Velocidad (mm/s)	0.04 ± 0.02		0.02 ± 0.01		---	---	0.05 ± 0.02		0.02 ± 0.01		---	---
Máxima distancia (mm)	0.10 ± 0.06		0.06 ± 0.04		---	---	0.09 ± 0.04		0.06 ± 0.03		---	---
Pico de velocidad (mm/s)	0.21 ± 0.11		0.12 ± 0.07		---	---	0.23 ± 0.12		0.11 ± 0.06		---	---
Variabilidad (mm)	0.02 ± 0.02		0.01 ± 0.01		---	---	0.02 ± 0.01		0.01 ± 0.01		---	---
Ratio máximas distancias	---	---	---	---	1.98 ± 1.02		---	---	---	---	1.80 ± 0.68	

Nota. Los valores son la media ± desviación estándar. Variables de equilibrio normalizadas por la base de sustentación de cada participante. Condiciones: ojos abiertos (OA), ojos cerrados (OC) y carga cognitiva (CC). Ejes: antero-posterior (AP) y medio-lateral (ML).

II.3.2.2. Predicción de velocidad de marcha

Aplicamos la regresión global y la regresión de capacidades motrices a los dos subgrupos de edad (mayores jóvenes y muy mayores).

En la regresión global de *mayores jóvenes*, el valor de R^2 ajustada indicó que el 48% de la varianza de *Vmarcha* se explicó, de forma significativa ($p < .001$), por la variable de máxima fuerza total de extensores de rodilla a 60° normalizada por masa corporal (*Fmax60R*). El modelo de regresión se puede consultar en la Figura II-9.

$$Vmarcha = 1.200 + .004 (Fmax60R)$$

Figura II-9. Ecuación del modelo de regresión global y de capacidades motrices para la muestra de mayores jóvenes.

En la Figura II-10 se puede consultar un diagrama de dispersión con *Vmarcha* como variable dependiente y *Fmax60R* como variable independiente (con su respectiva línea de tendencia) para la muestra de mayores jóvenes.

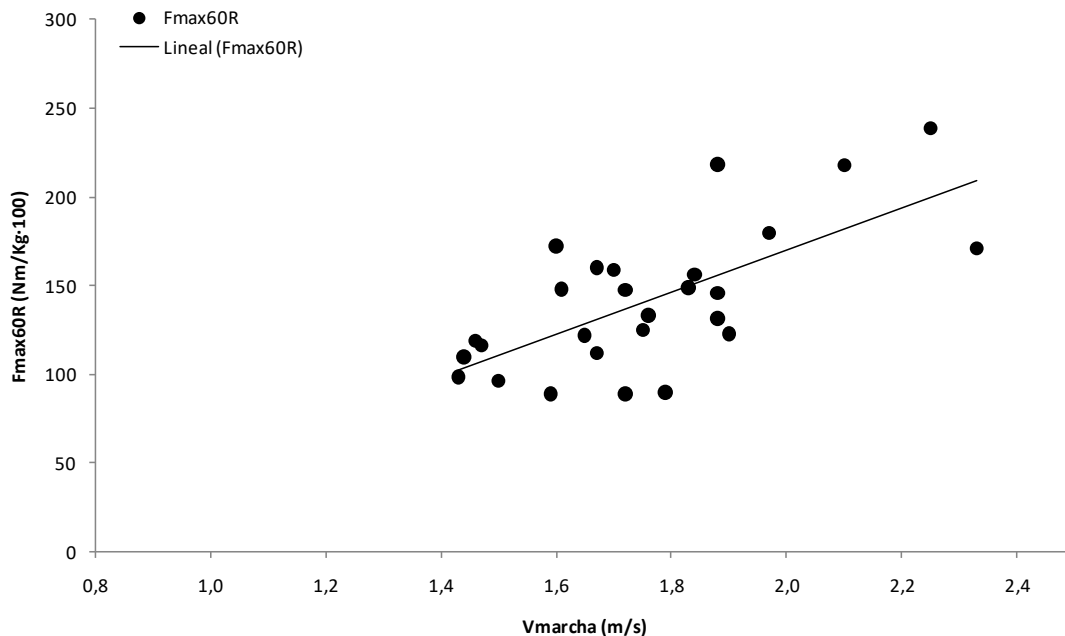


Figura II-10. Modelo global y de capacidades motrices: relación de la variable predictora (*Fmax6R*) con la variable dependiente (*Vmarcha*) del análisis de regresión para la muestra de mayores jóvenes (n=27, rango de edad: 61.0-71.8 años).

En la regresión paso a paso de capacidades motrices de *mayores jóvenes*, donde se incluyeron las variables de fuerza muscular y de equilibrio, encontramos el mismo modelo de regresión que en la regresión global (ver Figura II-9 y Figura II-10).

En la regresión global de muy mayores, el valor de R^2 ajustada indicó que el 59% de la varianza de la transformada de *Vmarcha* ($TVmarcha = VMarcha^2$) se explicó, de forma significativa ($p < .05$), por dos variables: máxima fuerza total de extensores de rodilla a 60° normalizada por masa corporal ($Fmax60R$) y edad. La variable $Fmax60R$ por sí sola predijo el 51% de la varianza de $TVmarcha$. Además, la variable $Fmax60R$ predijo 2.86 veces más que la edad según los valores de β corregidos con la prueba de Cochrane-Orcutt ($\beta_{Fmax60R} = .68$, $\beta_{edad} = -.34$). El modelo de regresión se puede consultar en la Figura II-11.

$$TVmarcha = 5.638 + .012 (Fmax60R) - .061 (edad)$$

Figura II-11. Ecuación del modelo de regresión global para la muestra de muy mayores.

En la Figura II-12 se puede consultar un diagrama de dispersión con *Vmarcha* como variable dependiente y $Fmax60R$ y edad como variables independientes (con sus respectivas líneas de tendencia) para la muestra de muy mayores. *Vmarcha* la presentamos en valores no transformados para facilitar su interpretación.

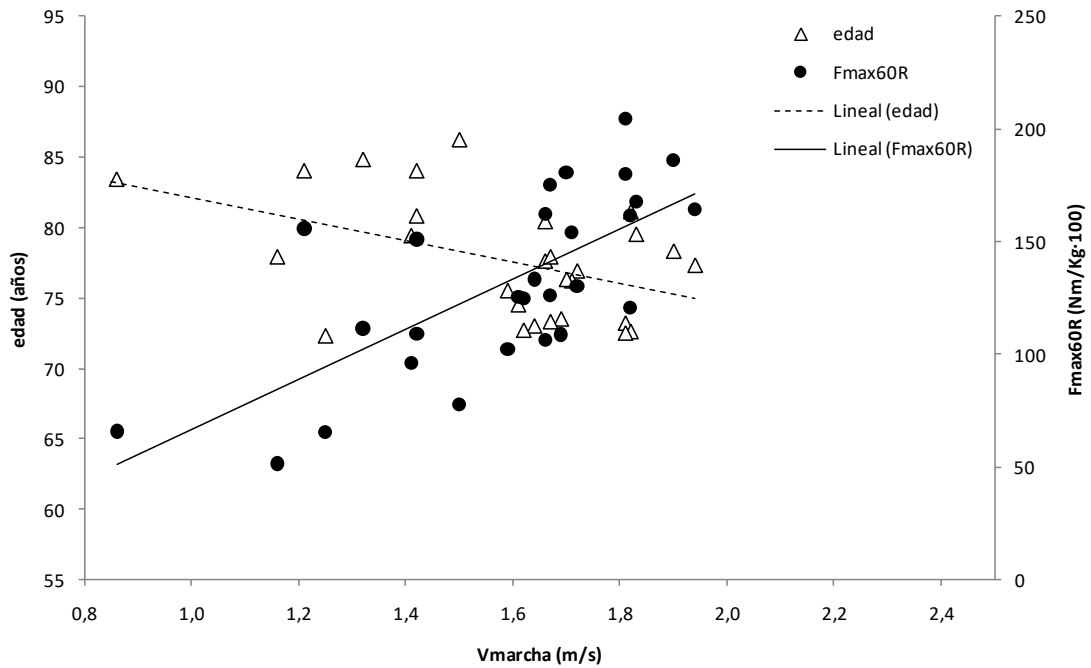


Figura II-12. Modelo de capacidades motrices: relación de las variables predictoras (*Fmax60R* y *edad*) con la variable dependiente (*Vmarcha*) del análisis de regresión para la muestra de muy mayores ($n=28$, rango de edad: 72.3-86.2 años).

En la regresión de capacidades motrices de *muy mayores*, el valor de R^2 ajustada indicó que el 76% de la varianza de la transformada de *Vmarcha* ($TVmarcha = VMarcha^2$) se explicó, de forma significativa ($p<.001$), por dos variables: máxima fuerza total de extensores de rodilla a 60° normalizada por masa corporal (*Fmax60R*) y máxima distancia del CdP en el eje AP con OC transformada ($TMaxd-AP-oc = Maxd-AP-oc^{1/2}$). La variable *Fmax60R* por sí sola predijo el 51% de la varianza de *TVmarcha*. Además, la variable *Fmax60R* predijo 1.61 veces más que *TMaxd-AP-oc* según los valores de β corregidos con la prueba de Cochran-Orcutt ($\beta_{Fmax60R}=.74$, $\beta_{TMaxd-AP-oc}=-.46$). El modelo de regresión se puede consultar en la Figura II-13.

$$TVmarcha = 2.976 + .012 (Fmax60R) - 6.857 (TMaxd-AP-oc)$$

Figura II-13. Ecuación del modelo de regresión de capacidades motrices para la muestra de muy mayores.

En la Figura II-14 se puede consultar un diagrama de dispersión con *Vmarcha* como variable dependiente y *Fmax60R* y *Maxd-AP-oc* como variables independientes (con sus respectivas líneas de tendencia) para la muestra de muy mayores. *Vmarcha* y *Maxd-AP-oc* las presentamos en valores no transformados para facilitar su interpretación.

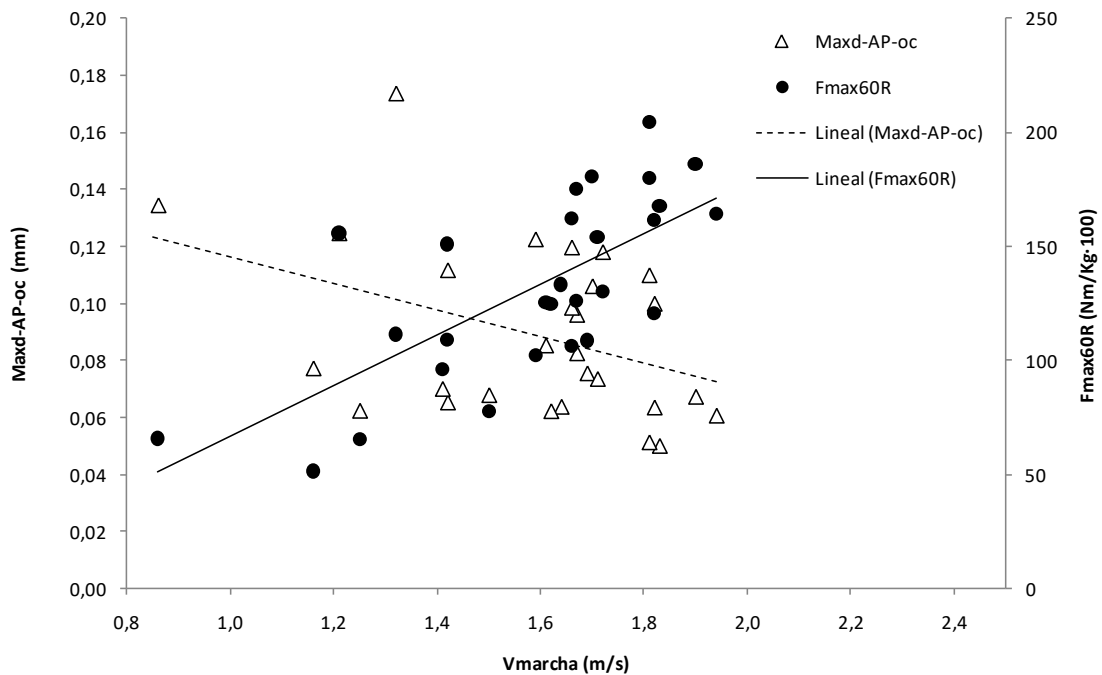


Figura II-14. Modelo de capacidades motrices: relación entre las variables predictoras (*Fmax60R* y *Maxd-AP-oc*) y la variable dependiente (*Vmarcha*) del análisis de regresión para la muestra de muy mayores (n=28, rango de edad: 72.3-86.2 años).

II.3.2.3. Efectos de visión y carga cognitiva en el equilibrio

El ANOVA de medidas repetidas de las variables de equilibrio con dos grupos de edad (mayores jóvenes y muy mayores) y tres condiciones de equilibrio (OA, OC y CC) mostró como no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en las interacciones (edad por condición). Los efectos principales mostraron como en las variables *Tray-AP* ($F_{1,53}=8.49$, $p=.005$) y *Pvel-AP* ($F_{1,53}=4.36$, $p=.005$) hubo diferencias significativas según la edad con mayores jóvenes mostrando mejores valores de equilibrio que muy mayores (ver Tabla II-9). En la Figura II-15 se puede consultar la media y la desviación estándar de estas dos variables por subgrupo de edad y por

condición de equilibrio. Según la condición, encontramos diferencias significativas en todas las variables de equilibrio excepto en *Var-AP* y *Maxd-ML* (ver Tabla II-9). Dichas diferencias indicaron mejor equilibrio en OA comparado con OC y CC en todos los casos excepto para la variable *ratio* donde OC tuvo un valor mayor que CC. Los estadísticos del ANOVA, los grados de libertad, el valor de significancia de *p*, y las relaciones entre pares de condiciones de equilibrio se pueden consultar en la Tabla II-9.

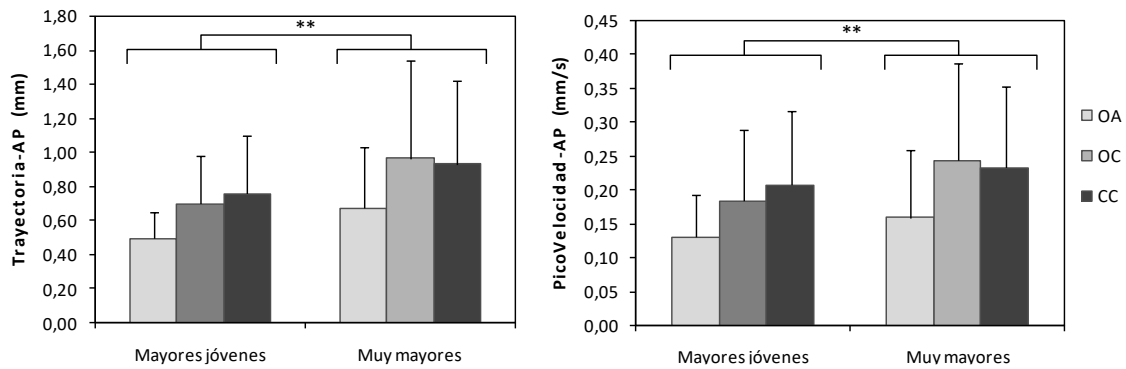


Figura II-15. Media y desviación estándar de equilibrio para el eje antero-posterior (trayectoria y pico de velocidad) en las condiciones de ojos abiertos (OA), ojos cerrados (OC) y carga cognitiva (CC). Por grupo de edad. Significancia estadística de la diferencia entre subgrupos de edad: $p < .01$.**

Tabla II-9. Análisis de la varianza de las variables de equilibrio. Dos grupos de edad, tres condiciones y la interacción condición por edad.

	Efectos principales e interacción	F	gl	sig (p)	Comparación por pares
Eje antero-posterior					
Trayectoria	Condición * Edad	1.43	(2, 52)	ns	
	Condición	56.35	(2, 52)	<.001	OA < OC , CC
	Edad	8.49	(1, 53)	.005	MJ < MM
Máxima distancia	Condición * Edad	0.17	(2, 52)	ns	
	Condición	20.17	(2, 52)	<.001	OA < OC , CC
	Edad	0.01	(1, 53)	ns	
Pico de velocidad	Condición * Edad	1.43	(2, 52)	ns	
	Condición	56.35	(2, 52)	<.001	OA < OC , CC
	Edad	4.36	(1, 53)	.005	MJ < MM
Variabilidad†	Condición * Edad	0.22	(2, 52)	ns	
	Condición	0.00	(2, 52)	ns	
	Edad	0.01	(1, 53)	ns	
Eje medio-lateral					
Trayectoria	Condición * Edad	0.24	(2, 52)	ns	
	Condición	34.05	(2, 52)	<.001	OA < OC , CC
	Edad	1.66	(1, 53)	ns	
Máxima distancia†	Condición * Edad	0.93	(2, 52)	ns	
	Condición	0.00	(2, 52)	ns	
	Edad	0.44	(1, 53)	ns	
Pico de velocidad	Condición * Edad	0.60	(2, 52)	ns	
	Condición	14.77	(2, 52)	<.001	OA < OC , CC
	Edad	0.23	(1, 53)	ns	
Variabilidad	Condición * Edad	0.25	(2, 52)	ns	
	Condición	33.32	(2, 52)	<.001	OA < OC < CC
	Edad	0.54	(1, 53)	ns	
Ratio	Condición * Edad	0.41	(2, 52)	ns	
	Condición	5.78	(2, 52)	.006	OC > CC
	Edad	1.01	(1, 53)	ns	

Nota. Edad: mayores jóvenes (rango edad: 61.0-71.8 años), muy mayores (rango edad: 72.3-86.2). Grupos de edad: mayores jóvenes (MJ) y muy mayores (MM). Condiciones: ojos abiertos (OA), ojos cerrados (OC) y carga cognitiva (CC). †Las variables de distribución no normal fueron convertidas en rangos.

II.3.3. Descriptiva y análisis de la muestra por sexo

II.3.3.1. Datos descriptivos

La información general de todos los participantes separada por sexo, incluyendo el nivel de actividad física subjetivo y la máxima velocidad de marcha, la mostramos en la Tabla II-10. Encontramos diferencias estadísticamente significativas en el tamaño de la muestra de cada grupo, la edad, la masa corporal y la estatura entre el grupo de mujeres y el grupo de hombres.

Tabla II-10. Características descriptivas de la muestra de participantes por sexo

	Mujeres	Hombres	sig (p)
N (n, %) [†]	40 , 70.22	15 , 29.78	.001
Edad (años)	70.22 ± 6.33	77.08 ± 5.70	.001
Peso corporal (Kg)	68.57 ± 10.40	81.45 ± 8.93	< .001
Estatura (m)	1.55 ± 0.06	1.65 ± 0.07	< .001
Índice de masa corporal (Kg/m ²)	28.63 ± 4.10	30.17 ± 3.50	ns
Nivel de actividad física (0-250+)	85.47 ± 38.47	95.05 ± 62.05	ns
Velocidad de marcha (m/s)	1.64 ± 0.25	1.74 ± 0.26	ns

Nota. Los valores son la media ± desviación estándar para las variables continuas, y n y % para las variables categóricas. [†]Chi cuadrado para variables categóricas.

Los valores medios y la desviación estándar de los tests de fuerza y de equilibrio por sexo se pueden consultar en la Tabla II-11 y en la Tabla II-12, respectivamente. El t-test mostró diferencias estadísticamente significativas entre mujeres y hombres en todas las variables de fuerza muscular ($p < .001$ para las variables de fuerza absolutas y $p < .05$ para las variables de fuerza normalizadas por masa corporal). Los resultados del ANOVA de la muestra de mujeres aplicado a las variables de equilibrio (tres condiciones de equilibrio) los explicaremos más adelante, en la sección II.3.3.3.

Tabla II-11. Fuerza máxima de extensores de rodilla y de prensión de mano por sexo, lado y máximo valor.

	Derecha	Izquierda	Máximo
Mujeres (n=40)			
Extensores de rodilla (Nm)			
Flexión rodilla: 60 grados	79.05 ± 22.97	83.00 ± 25.37	86.20 ± 23.83
Flexión rodilla: 90 grados	78.51 ± 25.37	81.13 ± 25.64	87.25 ± 26.10
Extensores de rodilla normalizado (Nm/Kg·100)†			
Flexión rodilla: 60 grados	116.29 ± 35.14	122.50 ± 37.55	127.15 ± 35.10
Flexión rodilla: 90 grados	115.59 ± 37.76	119.37 ± 37.10	128.46 ± 37.40
Prensión de mano (Kg)	17.50 ± 4.50	16.19 ± 4.41	17.75 ± 4.41
Prensión de mano normalizado (%)†	25.69 ± 6.47	23.81 ± 6.62	26.08 ± 6.42
Hombres (n=15)			
Extensores de rodilla (Nm)			
Flexión rodilla: 60 grados	124.93 ± 44.06	128.47 ± 43.64	133.07 ± 41.99
Flexión rodilla: 90 grados	124.93 ± 47.09	125.60 ± 45.40	131.53 ± 45.98
Extensores de rodilla normalizado (Nm/Kg·100)†			
Flexión rodilla: 60 grados	151.86 ± 44.46	156.26 ± 44.15	162.06 ± 41.98
Flexión rodilla: 90 grados	151.94 ± 48.13	152.15 ± 45.47	159.65 ± 45.82
Prensión de mano (Kg)	24.27 ± 6.27	25.43 ± 7.04	26.57 ± 6.69
Prensión de mano normalizado (%)†	29.77 ± 6.97	31.16 ± 7.62	32.56 ± 7.17

Nota. Los valores son la media ± desviación estándar. †Valores normalizados por peso corporal del participante.

Tabla II-12. Base de sustentación y variables de equilibrio por condiciones, sexo y ejes.

	Mujeres (n=40)				Hombres (n=15)							
	AP		ML		AP/ML		AP/ML					
Base de sustentación (m)	0.248 ± 0.010		0.277 ± 0.035		0.265 ± 0.017		0.306 ± 0.036					
OA												
Trayectoria (mm)	0.56 ± 0.31		0.32 ± 0.18		---	---	0.66 ± 0.21		0.29 ± 0.12		---	---
Velocidad (mm/s)	0.03 ± 0.02		0.02 ± 0.01		---	---	0.03 ± 0.01		0.01 ± 0.01		---	---
Máxima distancia (mm)	0.07 ± 0.02		0.04 ± 0.03		---	---	0.06 ± 0.02		0.04 ± 0.02		---	---
Pico de velocidad (mm/s)	0.14 ± 0.09		0.09 ± 0.07		---	---	0.15 ± 0.05		0.08 ± 0.04		---	---
Variabilidad (mm)	0.01 ± 0.01		0.01 ± 0.01		---	---	0.01 ± 0.00		0.01 ± 0.00		---	---
Ratio máximas distancias	---	---	---	---	2.13 ± 1.27		---	---	---	---	1.90 ± 0.60	
OC												
Trayectoria (mm)	0.77 ± 0.46		0.41 ± 0.26		---	---	1.01 ± 0.46		0.42 ± 0.25		---	---
Velocidad (mm/s)	0.04 ± 0.02		0.02 ± 0.01		---	---	0.05 ± 0.02		0.02 ± 0.01		---	---
Máxima distancia (mm)	0.09 ± 0.03		0.05 ± 0.04		---	---	0.09 ± 0.02		0.05 ± 0.03		---	---
Pico de velocidad (mm/s)	0.19 ± 0.12		0.11 ± 0.08		---	---	0.27 ± 0.14		0.10 ± 0.07		---	---
Variabilidad (mm)	0.02 ± 0.01		0.01 ± 0.01		---	---	0.02 ± 0.00		0.01 ± 0.01		---	---
Ratio máximas distancias	---	---	---	---	2.34 ± 1.29		---	---	---	---	2.06 ± 0.67	
CC												
Trayectoria (mm)	0.84 ± 0.45		0.46 ± 0.25		---	---	0.86 ± 0.38		0.42 ± 0.28		---	---
Velocidad (mm/s)	0.04 ± 0.02		0.02 ± 0.01		---	---	0.04 ± 0.02		0.02 ± 0.01		---	---
Máxima distancia (mm)	0.09 ± 0.05		0.06 ± 0.04		---	---	0.09 ± 0.04		0.06 ± 0.03		---	---
Pico de velocidad (mm/s)	0.22 ± 0.12		0.12 ± 0.07		---	---	0.22 ± 0.11		0.10 ± 0.06		---	---
Variabilidad (mm)	0.02 ± 0.01		0.01 ± 0.01		---	---	0.02 ± 0.01		0.01 ± 0.01		---	---
Ratio máximas distancias	---	---	---	---	1.93 ± 0.93		---	---	---	---	1.78 ± 0.66	

Nota. Los valores son la media ± desviación estándar. Variables de equilibrio normalizadas por la base de sustentación de cada participante. Condiciones: ojos abiertos (OA), ojos cerrados (OC) y carga cognitiva (CC). Ejes: antero-posterior (AP) y medio-lateral (ML).

II.3.3.2. Predicción de velocidad de marcha

Aplicamos la regresión global y la regresión de capacidades motrices en la muestra de mujeres. El modelo para los hombres no lo construimos debido al reducido número de participantes de este subgrupo (n=15).

En la regresión global, el valor de R^2 ajustada indicó que el 62% de la varianza de *Vmarcha* se explicó por una combinación de tres variables: máxima fuerza total de extensores de rodilla a 60° normalizada por masa corporal (*Fmax60R*), edad y nivel de actividad física (*nivelAF*). Las tres variables fueron predictoras estadísticamente significativas ($p<.05$). Además, el análisis de la regresión mostró como la variable *Fmax60R* explicó el 46% de la varianza de *Vmarcha* y fue el mejor predictor estadísticamente significativo ($\beta=.58$). El coeficiente estandarizado β de la edad ($\beta=-.32$) mostró una asociación negativa con *Vmarcha* y fue estadísticamente significativo ($p<.05$), mientras que el coeficiente estandarizado β del *nivelAF* ($\beta=.25$) mostró una asociación positiva con *Vmarcha* y también fue significativo ($p<.05$). El modelo de regresión se puede consultar en la Figura II-6.

$$\mathbf{Vmarcha = 1.832 + .004 (Fmax60R) - .012 (edad) + .002 (nivel AF)}$$

Figura II-16. Ecuación del modelo de regresión global para muestra de mujeres.

En la Figura II-17 se puede consultar un diagrama de dispersión con *Vmarcha* como variable dependiente y *Fmax60R*, edad y *nivelAF* como variables independientes (con sus respectivas líneas de tendencia).

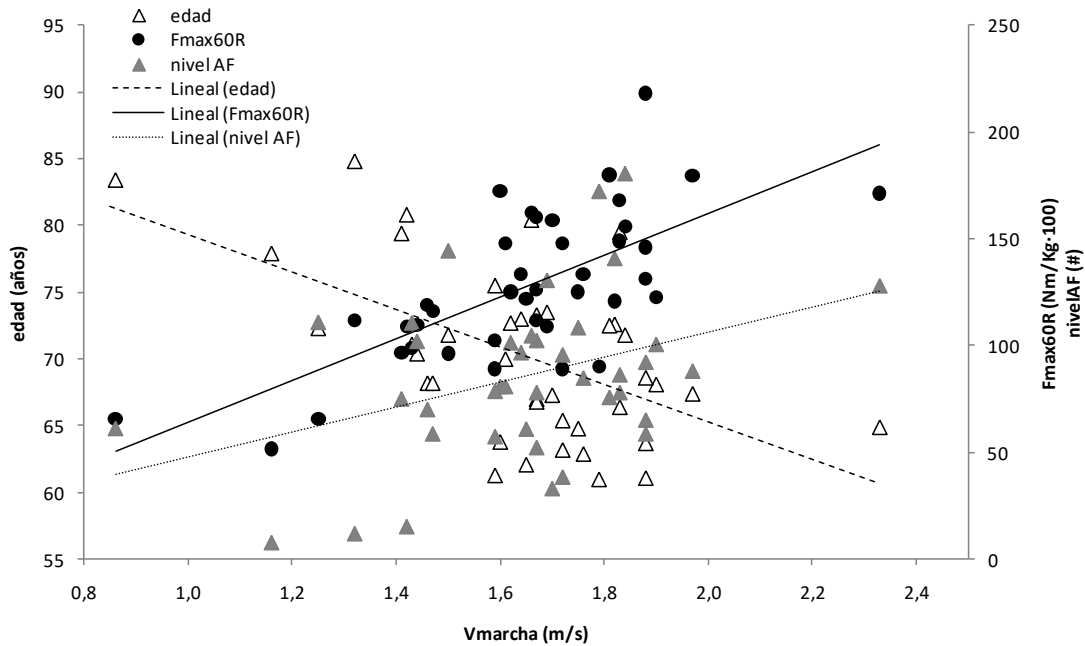


Figura II-17. Modelo global: relación de tres variables predictoras (*Fmax6R*, *edad* y *nivelAF*) con la variable dependiente (*Vmarcha*) en el análisis de regresión para la muestra de mujeres.

En la regresión de capacidades motrices, la R^2 ajustada indicó que el 49% de la varianza de *Vmarcha* se explicó por la combinación de dos variables: *Fmax60R* y trayectoria en el eje ML con OA transformada ($TTray-ML-oa=1/Tray-ML-oa$) ($p<.001$). Este modelo de regresión se puede consultar en la Figura II-18.

$$Vmarcha = .933 + .005 (Fmax60R) + .029 (TTray-ML-oa)$$

Figura II-18. Ecuación del modelo de regresión de capacidades motrices para la muestra de mujeres.

Según los valores del coeficiente estandarizado β , la variable *Fmax60R* explicó 2.9 más que la variable *TTray-ML-oa* ($\beta_{Fmax60R}=.65$, $\beta_{TTray-ML-oa}=.23$).

En la Figura II-19 se puede consultar la relación entre *Vmarcha* como variable dependiente y *Fmax60R* y *Tray-ML-oa* como variables independientes (con sus respectivas líneas de tendencia). *Tray-ML-oa* la presentamos en valores no transformados para facilitar su interpretación.

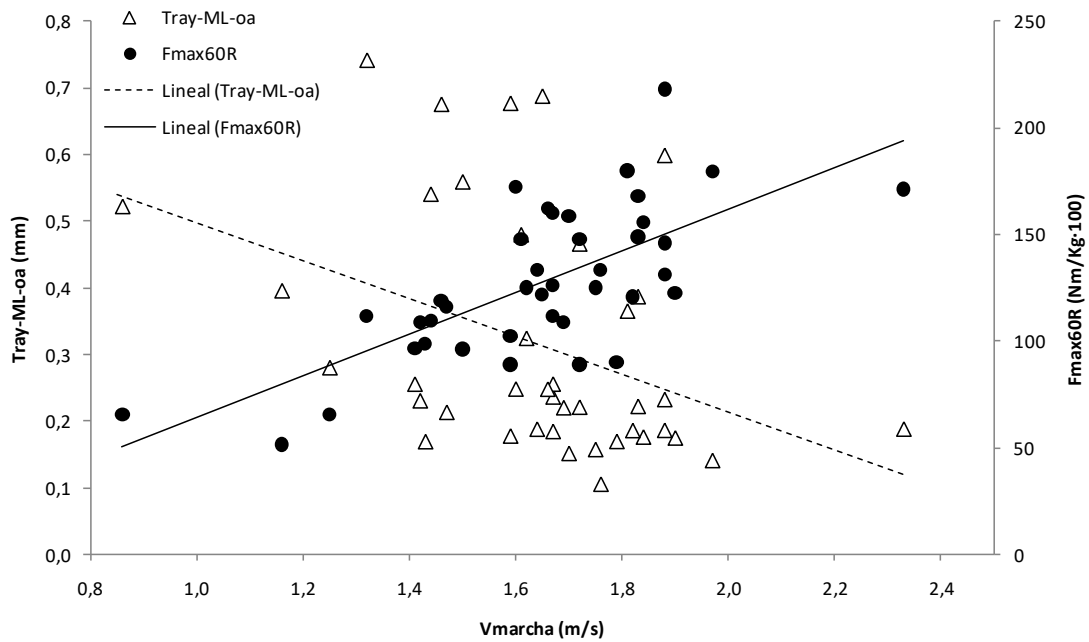


Figura II-19. Modelo de capacidades motrices: relación de las variables predictoras (*Fmax60R* y *Tray-ML-oa*) con la variable dependiente (*Vmarcha*) en el análisis de regresión para la muestra de mujeres.

II.3.3.3. Efectos de visión y carga cognitiva en el equilibrio

El ANOVA de medidas repetidas mostró diferencias significativas en el equilibrio bajo las tres condiciones (OA, OC y CC) ($p < .001$ para aquellas variables que presentan medición en los dos ejes, $p < .05$ para la variable *ratio*). En la Tabla II-13 se pueden consultar los estadísticos del ANOVA de medidas repetidas, los grados de libertad, el valor de significancia de p y las relaciones de las comparaciones por pares. Las pruebas no paramétricas aplicadas a las variables no normales también mostraron de forma estadísticamente significativa ($p < .001$) que el equilibrio no es el mismo bajo las tres condiciones (OA, OC y CC). Los resultados del t-test realizado por pares de condiciones y las relaciones de las comparaciones por pares también se pueden consultar en la misma Tabla II-13.

Tabla II-13. Análisis de la varianza de las variables de equilibrio. Tres condiciones: ojos abiertos (OA), ojos cerrados (OC) y carga cognitiva. Muestra de mujeres

	F / χ^2 Friedmant	gl	sig (p)	Comparación por pares
Eje antero-posterior				
Trayectoria	53.60	(2, 38)	<.001	OA < OC, CC
Máxima distancia	13.35	(2, 38)	<.001	OA < OC, CC
Pico de velocidad	28.62	(2, 38)	<.001	OA < OC, CC
Variabilidad†	14.15	(2)	<.001	OA < OC, CC
Eje medio-lateral				
Trayectoria†	38.85	(2)	<.001	OA < OC, CC
Máxima distancia	19.81	(2, 38)	<.001	OA < OC < CC
Pico de velocidad†	16.35	(2)	<.001	OA < OC, CC
Variabilidad	24.48	(2, 38)	<.001	OA < OC < CC
Ratio	3.54	(2, 38)	<.05	-

Nota. †Para variables de distribución no normal se utilizaron pruebas no paramétricas (Friedman).

En la comparación por pares, encontramos que en todas las variables que presentan medición en los dos ejes hubo diferencias entre la condición de OA y las otras dos condiciones (OC y CC), pero solo en las variables *Maxd-ML* y *Var-ML* las diferencias también fueron significativas entre OC y CC. Estos resultados son similares a los presentados con toda la muestra. Por otro lado, para la variable *ratio*, a pesar que el ANOVA de medidas repetidas mostró como el equilibrio no es el mismo bajo las tres condiciones ($p < .05$), no encontramos diferencias significativas en las comparaciones por pares entre las distintas condiciones (ver Figura II-20).

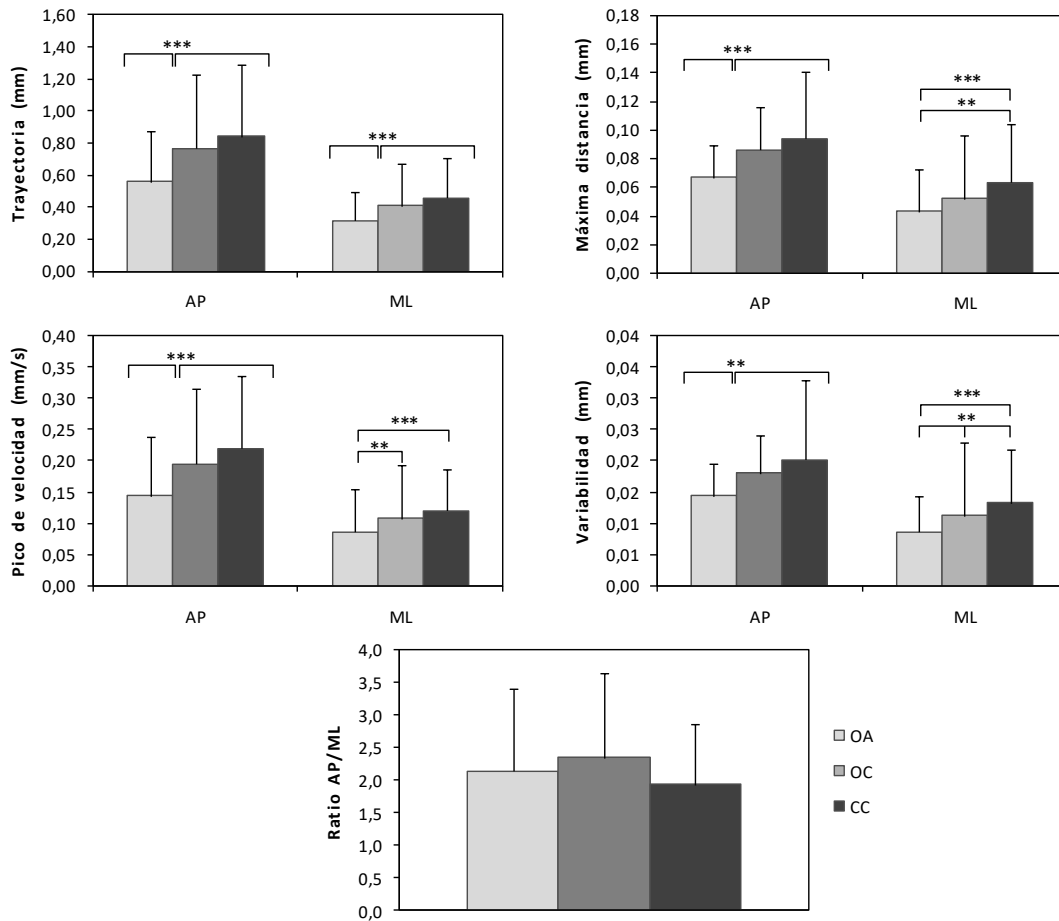


Figura II-20. Media y desviación estándar de equilibrio (trayectoria, máxima distancia, pico de velocidad, desviación estándar) para el eje antero-posterior (AP), el eje medio-lateral (ML) y el ratio en las condiciones de ojos abiertos (OA), ojos cerrados (OC) y carga cognitiva (CC). Muestra solo de mujeres, n = 40. Significancia estadística de la diferencia entre condiciones: **p<.01, ***p<.001.

II.4. Discusión

II.4.1. Descriptiva

El primer objetivo de este capítulo fue describir una muestra de población rural de personas mayores mediante la valoración de la marcha y sus factores relacionados de fuerza muscular y equilibrio. Las características generales de nuestra muestra deben ser tenidas en cuenta a la hora de interpretar los resultados y las examinaremos en comparación con resultados anteriormente publicados. Las características antropométricas de los participantes de nuestro estudio difieren en algunos aspectos a la mayoría de las publicaciones consultadas (Dey, Bosaeus, Lissner, & Steen, 2009; Piirainen, et al., 2010; Ribom, et al., 2010; Ringsberg, et al., 1999; Visser, et al., 2005),

porque son de menor estatura, entre similar e inferior masa corporal y de mayor IMC. No obstante, parece que las características antropométricas de los participantes son muy similares en cuanto a estatura, masa corporal e IMC en comparación a recientes estudios con personas mayores del mismo país (Giné-Garriga, Guerra, Manini, et al., 2010; Giné-Garriga, Guerra, Pagès, et al., 2010; Serra-Rexach, et al., 2011). El nivel de actividad física de nuestra muestra presentó valores similares a los presentados por Washburn et al. (1993), donde igual que en nuestro estudio, los autores informaron que el nivel de actividad física fue peor en las mujeres que en los hombres y empeoró con la edad. Asimismo, Bean et al. (2002) presentaron resultados de nivel de actividad física más variables pero consistentes con las medias establecidas por grupos de edad en estudios de referencia (Washburn, et al., 1993). Además, en nuestro estudio, hubo mayor participación de mujeres que de hombres, en proporción similar a otros estudios de participación voluntaria focalizados en personas mayores (Bean, et al., 2002; Giné-Garriga, Guerra, Pagès, et al., 2010; Lusardi, et al., 2003; Serra-Rexach, et al., 2011). Según datos del Instituto Nacional de Estadística del padrón del año 2010 (INE, 2010), tanto en la población española como en la catalana existe un mayor porcentaje de mujeres de 60 o más años (56%), pero en menor proporción que en nuestro estudio (70%). En la literatura encontramos habitualmente que cuando las personas mayores participan voluntariamente en un estudio, hay mayor porcentaje de participación de mujeres que de hombres, incluso cuando son personas muy mayores (Bean, et al., 2002; Giné-Garriga, Guerra, Pagès, et al., 2010; Serra-Rexach, et al., 2011).

Nuestros resultados mostraron como la máxima velocidad de marcha fue inferior en mujeres que en hombres y en muy mayores que en mayores jóvenes. Numerosas publicaciones previas presentaron valores de máxima velocidad de marcha en personas mayores sanas y mostraron resultados con la misma tendencia que los encontrados en nuestro estudio, donde la velocidad de marcha empeora con la edad y es más lenta en mujeres que en hombres (Bohannon, 1997a; Lusardi, et al., 2003; Steffen, et al., 2002). Los valores encontrados en la literatura tienen un rango relativamente grande. Así, los valores medios de velocidad de marcha de nuestro estudio son parecidos o ligeramente inferiores a los encontrados en algunas

publicaciones anteriores (Bohannon, 1997a; Lusardi, et al., 2003; Steffen, et al., 2002), pero superiores a los encontrados en otros estudios (Bean, et al., 2002; Giné-Garriga, Guerra, Pagès, et al., 2010). Bohannon (1997a), Steffen et al. (2002) y Lusardi et al. (2003) en sus respectivos estudios midieron la máxima velocidad de marcha de ≥ 76 participantes voluntarios sanos de ≥ 60 años de edad, utilizando distancias de entre 3.66-10 metros. Aunque en el estudio de Lusardi et al. (2003) incluyeron participantes sin autonomía en la marcha que precisaban de elementos de ayuda para caminar, éstos se encontraban en los subgrupos de mayor edad (80-101 años), que constituyeron franjas de edades no comparables con nuestro estudio. Los resultados de la bibliografía consultada y los nuestros son comparables por tratarse de poblaciones de similar edad, y aunque la medición de velocidad de marcha no se hiciese en la misma distancia que en nuestro estudio, es comparable, ya que velocidades de marcha registradas en distintas distancias están altamente correlacionadas ($r=.93$, $p<.001$) (Bohannon, 2008). Por otro lado, es posible que Giné-Garriga et al. (2010) y Bean et al. (2002) encontrasen velocidades de marcha más lentas que nosotros porque sus participantes eran personas frágiles o presentaban limitaciones en su movilidad, respectivamente. De manera que, la población de nuestro estudio, que presentó una media de máxima velocidad de marcha de 1.67 m/s se encuentra dentro de los baremos de referencia en personas de ≥ 60 años, sanas y sin limitaciones de movilidad, que oscilan entre 1.05 y 2.05 m/s para la máxima velocidad de marcha según la bibliografía consultada (Bohannon, 1997a; Lusardi, et al., 2003; Steffen, et al., 2002).

Los resultados descriptivos de nuestro estudio en cuanto a la fuerza isométrica de extensores de rodilla mostraron como son más fuertes los mayores jóvenes que los muy mayores y los hombres que las mujeres. No obstante, esta diferencia no fue significativa entre mayores jóvenes y muy mayores, aunque sí que fue estadísticamente superior en hombres que en mujeres, tanto para la fuerza isométrica de extensores de rodilla en valor absoluto ($p<.001$) como normalizada por masa corporal ($p<.05$). La revisión bibliográfica realizada nos ha permitido encontrar diversos estudios en los que se valoró la fuerza máxima isométrica de extensores de rodilla en personas mayores, en los cuales los autores presentaron resultados por sexo

(Bellew, et al., 2003) o por décadas de edad y sexo (Andrews, et al., 1996; Bohannon, 1997b; Danneskiold-Samsøe, et al., 2009). Bellew et al. (2003) informaron que los hombres presentaban mayor fuerza máxima isométrica de extensores de rodilla que las mujeres. Los estudios consultados que presentaron resultados por décadas de edad y sexo valoraron entre seis y ocho acciones musculares de extremidad superior y entre cuatro y seis de extremidad inferior. En Danneskiold-Samsøe et al. (2009) y Bohannon (1997b) los autores presentaron valores de referencia de fuerza muscular de personas de 20-79 años de edad, mientras que en Andrews et al. (1996) los autores se centraron en la población de 50-79 años. A pesar que los instrumentos utilizados para medir la fuerza isométrica de extensores de rodilla no fueron los mismos en los estudios consultados que en nuestro estudio, los resultados son comparables, puesto que investigaciones previas han mostrado como la fuerza medida con dinamómetro son comparables cuando se valoran personas mayores (Bohannon, 1993). Como era de esperar, nuestros resultados en cuanto a las diferencias entre sexos de la fuerza muscular van en concordancia a los presentados por los autores de las publicaciones consultadas por sexo (Andrews, et al., 1996; Bellew, et al., 2003; Bohannon, 1997b; Danneskiold-Samsøe, et al., 2009), puesto que los hombres presentan mayor fuerza muscular de extensores de rodilla que las mujeres. En cuanto a los efectos del envejecimiento sobre la fuerza muscular, los autores de estas tres publicaciones coincidieron en que la fuerza máxima isométrica de extensores de rodilla empeora con el envejecimiento al comparar el grupo de personas de 50- 59 años con los dos grupos de personas mayores (60-69 y 70-79 años). No obstante, al focalizar los resultados únicamente en las personas de 60 años o más, Andrews et al. (1996) presentaron hallazgos similares a los encontrados en nuestro estudio, es decir, que no se encuentra una disminución de fuerza de extensores de rodilla estadísticamente significativa con el envejecimiento al comparar personas mayores jóvenes con personas muy mayores. Asimismo, Bohannon (1997b) tampoco encontró cambio de fuerza con el envejecimiento en el grupo de hombres de su estudio, no obstante sí encontró que este empeoramiento se producía en el grupo de mujeres. En contraposición, Danneskiold-Samsøe et al. (2009) encontraron que la fuerza empeoraba en ambos sexos con la edad al comparar mayores jóvenes y muy mayores. En este último

estudio, los autores informaron de valores medios de máxima fuerza isométrica de extensores de rodilla en flexión de 65° en la submuestra de personas mayores muy similares a los encontrados en nuestro estudio con 60° de flexión de rodilla, en ambos sexos. Y como era de esperar, los estudios que incluyeron a personas muy mayores frágiles encontraron peor máxima fuerza isométrica de extensores de rodilla a 60° de flexión en comparación a los participantes muy mayores de nuestro estudio (Giné-Garriga, Guerra, Pagès, et al., 2010).

Es posible que no hayamos encontrado cambios significativos de fuerza de extensores de rodilla con la edad en nuestro estudio porque tal y como apuntaron los autores de la reciente publicación de Danneskiold-Samsøe et al. (2009), los grandes declives de fuerza muscular se producen especialmente en la década de los 50. Es decir, las personas mayores de nuestro estudio, puede que no presentasen empeoramiento de la fuerza muscular de extensores de rodilla, debido a que este declive de la fuerza se hubiese producido de forma más acentuada en la última etapa de la edad adulta y no sea tan notorio a partir de los 60 años. También es posible que con un mayor tamaño de la muestra en nuestro estudio se hubiesen encontrado diferencias entre los dos subgrupos de edad.

Respecto a la fuerza de prensión de mano también encontramos que no hubo diferencias estadísticamente significativas entre los subgrupos de mayores jóvenes y de muy mayores, pero sí entre los subgrupos de mujeres y de hombres. Los valores de fuerza de prensión de mano de nuestro estudio son similares o inferiores a los encontrados por otros autores previamente (Lauretani, et al., 2003; Luna-Heredia, et al., 2005; Schlussek, et al., 2008; Shinkai, et al., 2000; Stel, Smit, Pluijm, & Lips, 2003; Takata, et al., 2010). En el estudio de Takata et al. (2010), con participantes de 85 años, los autores informaron que los participantes presentaron valores muy similares de fuerza de prensión de mano a los encontrados en nuestro estudio. Mientras que en el estudio de Stel, Smit, Pluijm y Lips (2003), con participantes de 78.3 años de media, los autores informaron de una mayor media de fuerza de prensión de mano que en nuestro estudio. Asimismo, los estudios que presentan valores de fuerza de prensión de mano por sexo en personas mayores siguen la misma tónica, son similares o superiores a los encontrados en nuestro estudio (Budziareck, et al., 2008; Lauretani, et

al., 2003; Luna-Heredia, et al., 2005; Schlüssel, et al., 2008; Shinkai, et al., 2000). Cabe destacar que en el estudio de Shinkai et al. (2000) encontraron valores muy similares a los de nuestro estudio de fuerza de prensión de manos en mujeres de 65-74 años de una población rural. Además, en el estudio de Schlüssel, dos Anjos, de Vasconcellos y Kac (2008), valoraron a personas mayores de 70 años, y los autores, de nuevo, presentaron valores similares de fuerza de prensión de manos a los encontrados en nuestro estudio en el subgrupo de mujeres. No obstante, la media de fuerza de prensión de mano del subgrupo de hombres fue superior a la de nuestro estudio.

Así que respecto la fuerza muscular, parece que nuestra población de estudio tiene valores similares o superiores de fuerza de tren inferior, en concreto de fuerza isométrica de extensores de rodilla, y presenta valores similares o inferiores de fuerza de prensión de mano en comparación a personas mayores de otras publicaciones consultadas. Parece que los valores de fuerza de prensión de manos de las mujeres de nuestro estudio son similares a los encontrados en la literatura; no obstante, los hombres de nuestro estudio presentan peor fuerza que algunos estudios consultados. Aunque el porcentaje de hombres de nuestro estudio fue menor que el de mujeres (30% vs 70%), la baja fuerza de prensión de mano de los hombres de nuestro estudio podría ser el motivo por el que al compararlo con la literatura publicada previamente, en algunos casos nuestra muestra tiene peor fuerza. Lo cierto, es que los motivos por los que se produce este fenómeno pueden ser muy diversos, pero no tenemos evidencia como para dar una clara explicación.

Tal y como hemos explicado en el capítulo introductorio de la tesis, en la literatura hemos encontrado una gran diversidad en la metodología de medición del equilibrio, así como una gran diversidad en las variables que miden el equilibrio mediante parámetros del CdP, lo que dificulta la comparación directa con los resultados procedentes de nuestro estudio. A pesar de dicha limitación, podemos discutir resultados de equilibrio en dos aspectos: la comparativa del equilibrio entre eje AP y eje ML, y la comparativa de equilibrio entre mayores jóvenes y muy mayores. En referencia al primer aspecto, cuando las variables de equilibrio se descomponen por ejes, los resultados descriptivos de nuestro estudio mostraron mayor velocidad y desplazamiento del CdP en el eje AP que en el ML. Estos resultados van en

concordancia a lo encontrado por autores de numerosas publicaciones previas (Bauer, et al., 2008; Bellew, et al., 2003; Era, et al., 2006; Prado, et al., 2007), que encontraron que la velocidad o la trayectoria del CdP era mayor en el eje AP que en el ML. Además, el ratio entre la máxima distancia AP y ML es >1 , lo cual apoya la evidencia al respecto. En referencia al segundo aspecto, uno de los objetivos específicos de la muestra por grupo de edad fue comparar el equilibrio entre los subgrupos de mayores jóvenes y de muy mayores. En la literatura está ampliamente referenciado como el equilibrio empeora con el envejecimiento cuando se comparan adultos con mayores. Pero no existe tanta evidencia de si el empeoramiento de equilibrio también se produce al comparar mayores jóvenes con muy mayores. Los resultados de nuestro estudio mostraron como el equilibrio empeora significativamente con la edad al comparar mayores jóvenes con muy mayores, pero únicamente en el eje AP. Era et al. (2006), sin embargo, informaron que el equilibrio en las personas mayores empeoraba significativamente con la edad en ambos ejes. Dichos autores midieron el equilibrio en bipedestación pseudo-estática durante 30 segundos sobre una plataforma de fuerzas y computaron la velocidad media del movimiento del CdP para ambos ejes con OA y con OC a 2,730 personas de ≥ 60 años. Las diferencias encontradas entre nuestro estudio y el de Era et al. (2006) podrían explicarse por la menor potencia de nuestro estudio debido al menor tamaño de nuestra muestra. Maylor y Wing (1996) y Masui et al. (2005), también encontraron un empeoramiento significativo del equilibrio en personas mayores con la edad, aunque no descompusieron sus análisis del balanceo postural por ejes. Maylor y Wing valoraron el equilibrio de 38 personas mayores de 53 años sanas, y compararon las diferencias que había entre el grupo más joven (57.1 ± 1.7 años) y el grupo más mayor (77.2 ± 2.1 años). Estos autores valoraron el equilibrio de los participantes tanto en bipedestación pseudo-estática como con una tarea cognitiva adicional (i.e. contar de tres en tres hacia atrás). Dichos autores encontraron que el equilibrio con CC no presentó interacción ni efecto de la condición, no obstante sí hubo un significativo efecto del grupo de edad, resultado que concuerda con lo encontrado en nuestro estudio, en el que comparamos a 55 personas divididas en mayores jóvenes (66.6 ± 3.3 años) y muy mayores (77.7 ± 4.2 años). Cabe destacar que nuestro resultado de empeoramiento del equilibrio en las personas mayores de

ámbito rural, fue encontrado previamente por Masui et al. (2005) en su muestra de 341 personas mayores de 55 años de una población rural de Japón. En este estudio los autores agruparon a los participantes en cuatro bloques de edad (55-64, 65-69, 70-74 y 75-84 años) y midieron el equilibrio sobre una plataforma, donde debían mantenerse en bipedestación pseudo-estática durante 30 segundos bajo las condiciones de OA y de OC. Los autores informaron del registro del movimiento del CdP y encontraron un significativo incremento del área y de la velocidad, en ambos sexos, y en ambas condiciones. Es decir, Masui et al. (2005) reportaron un empeoramiento del equilibrio en las personas mayores con la edad, tal y como hemos encontrado en nuestro estudio.

II.4.2. Predicción de marcha

Es clave la identificación de los factores determinantes en la velocidad de marcha para buscar las variables, que si son alteradas, podrían modificar esta función motora de gran interés para el colectivo de personas mayores. En nuestro estudio, la velocidad de marcha es el equivalente a la funcionalidad física. Aunque un modelo de regresión no pruebe causa y efecto, sí proporciona una explicación de las variables que pueden llegar a modificar la velocidad de marcha. De esta manera las intervenciones de ejercicio físico podrían orientarse para que sean más exitosas en la prevención de la aparición de la dependencia funcional física e incluso en el retraso de la mortalidad en personas mayores, ya que la velocidad de marcha es predictiva de ambas (Cesari, et al., 2009; Shinkai, et al., 2000; Studenski, et al., 2011). Recordemos que el segundo objetivo de este capítulo fue evaluar la capacidad predictiva de variables generales, de fuerza y de equilibrio sobre la marcha funcional. Por un lado estudiamos la capacidad predictiva mediante un modelo global que incluía variables generales, y por otro lado estudiamos la capacidad predictiva de un modelo de capacidades motrices que incluía únicamente valoraciones de fuerza muscular y de equilibrio. Hemos considerado analizar este último modelo separadamente porque hay autores que consideran que la relación entre la fuerza muscular y el control postural en personas mayores no está clara (Pizzigalli, et al., 2011).

Como era de esperar, en la predicción de la velocidad de la marcha de nuestro estudio es clave la fuerza de extremidad inferior (en concreto, la máxima fuerza isométrica de extensores de rodilla a 60° y relativa a la masa corporal *-Fmax60R-*), tanto en la regresión global como en la regresión de capacidades motrices, e independientemente de la submuestra a la que se aplica (según edad o sexo). Este hallazgo está apoyado por los resultados encontrados por autores de publicaciones previas, los cuales informaron que la fuerza de extremidad inferior formó parte de un modelo de predicción de la velocidad de marcha tanto en personas mayores sanas (Bohannon, 1997a, 2008; Buchner, Cress, et al., 1996; Buchner, Larson, et al., 1996) como en otros tipos de muestras (Bean, et al., 2002; Herman, et al., 2005; Kluding & Gajewski, 2009). Kluding y Gajewski (2009) en su estudio con pacientes que habían sufrido un accidente cerebro-vascular reportaron un modelo que predecía de forma significativa el 44% de la velocidad de marcha preferida. Este modelo incluía, entre otras, una variable de fuerza de piernas, que se trataba de la diferencia de fuerza entre ambas piernas. En dos publicaciones con personas mayores con movilidad limitada (Bean, et al., 2002; Herman, et al., 2005), los autores informaron que la potencia de piernas explicaba de forma significativa la velocidad de marcha (26% y 45%, respectivamente). Además, según los modelos de regresión lineal de Bean et al. (2002), tanto la potencia como la fuerza de piernas explicaron un porcentaje significativo de la varianza de la velocidad de marcha, no obstante, la fuerza de piernas explicó significativamente tanto la velocidad de marcha preferida como la máxima velocidad de marcha (21% y 46%, respectivamente). En tres publicaciones con participantes de ≥ 60 años residentes en su domicilio en la comunidad también encontraron modelos de predicción de la velocidad de marcha que incluían la fuerza de extremidad tren inferior (Buchner, Cress, et al., 1996; Buchner, Larson, et al., 1996; Kline Mangione, et al., 2008). En el primer estudio los autores informaron que la fuerza de piernas, calculada como una variable resumen de flexo-extensores de rodilla y tobillo, formó parte de un modelo que predijo el 26% de la varianza de la velocidad de marcha (Buchner, Cress, et al., 1996). En el segundo estudio, realizado a 409 personas de 60-96 años, los autores afirmaron que la fuerza de piernas predijo por sí sola un 17% de la varianza de la velocidad de marcha según un modelo lineal y un 22% en un modelo no lineal (Buchner, Larson, et

al., 1996). Mientras en el tercer estudio, realizado a 42 personas de 79 ± 7.5 años que habían sufrido una fractura de cadera, los autores reportaron un modelo que explicaba significativamente el 72% de la varianza de la velocidad de marcha, e incluía la fuerza isométrica de extremidad inferior normalizada por masa corporal (53%), el estado de salud auto percibido (15%) y la confianza en la capacidad de evitar una caída mediante el control del equilibrio (4%) (Kline Mangione, et al., 2008). En otras tres publicaciones que incluían personas mayores sanas (Bohannon, 1997a, 2008; Lord, Lloyd, & Li, 1996), los autores informaron que la fuerza de piernas, en concreto la de extensores de rodilla, explicó de forma significativa la varianza de la velocidad de marcha, tal y como hemos encontrado en nuestro estudio. El modelo presentado por Kline Mangione et al. (2008) fue el de mayor potencia predictiva de velocidad de marcha, y es destacable que incluía la fuerza de piernas pero normalizada por masa corporal, tal y como la presentamos en nuestro estudio. Tanto en el estudio de Lord, Lloyd y Li (1996) como en el de Bohannon (1997a), los autores revelaron los parámetros que, junto con la fuerza de extensores de rodilla, conformaban modelos que explicaban entorno al 40% de la variabilidad de la velocidad de marcha (42% y 41%, respectivamente). En el primer estudio las variables que se incluyeron en el modelo predictivo de la velocidad de marcha fueron la agudeza visual, la función vestibular y el tiempo de reacción; mientras que en el segundo fueron la edad, la estatura y la masa corporal.

Según nuestros análisis de regresión, la fuerza de extensores de rodilla a 60° de flexión de rodilla es mejor predictor que a 90° . Este suceso podría ser debido a que con 60° de flexión de rodilla se adopta una posición más funcional, en la que se desarrollan numerosas actividades físicas de la vida diaria, por lo que representa un ángulo clave en las personas mayores. Cuando Bohannon (1997a) y Lord et al. (1996) midieron la fuerza de extensores de rodilla lo hicieron con una flexión de 90° de la articulación, y encontraron un modelo de predicción de la máxima velocidad de marcha menos potente que el nuestro. Es posible que si se hubiese incluido la fuerza de extensores de rodilla con una menor angulación, más funcional, el modelo hubiese explicado un mayor porcentaje de la varianza de la máxima velocidad de marcha.

En los modelos globales de predicción de velocidad de marcha de nuestro estudio, además de F_{max60R} , un factor no modificable (edad) y un factor modificable (nivel de

actividad física) también explicaron de forma significativa una pequeña parte de la varianza de la velocidad de marcha. La edad y el nivel de actividad física formaron parte de los modelos globales aplicados al total de la muestra y al subgrupo de mujeres. Sin menospreciar la contribución de edad en la predicción de la velocidad de marcha, dicha variable no la consideramos predictiva de la velocidad de marcha en los subgrupos de edad, ya que en el subgrupo de mayores jóvenes no apareció, y en el subgrupo de muy mayores, cuando se eliminó un participante extremo el factor edad desapareció del modelo y el nivel de actividad física adquirió valor predictivo. En estudios publicados previamente, tanto factores generales no modificables como factores modificables han sido encontrados como predictores de la velocidad de marcha. En concordancia a lo encontrado en nuestro estudio, Bohannon (1997a, 2008) y Buchner, Larson et al. (1996) informaron que conjuntamente con la fuerza de piernas, la edad explicó de forma significativa parte de la varianza de la velocidad de marcha. Además, según Bohannon (1997a) y Buchner, Larson et al. (1996) la masa corporal predijo la velocidad de marcha y según Bohannon (1997a, 2008) la estatura y el IMC también. En nuestro estudio, la masa corporal y la estatura no las incluimos en el análisis de la regresión, puesto que estaban significativamente correlacionadas con el IMC. En nuestros resultados el IMC no predijo la velocidad de marcha, en contradicción a lo encontrado por Bohannon (2008). No obstante, de forma indirecta la masa corporal estaba presente en las variables de IMC y fuerza muscular normalizada por masa corporal. Recordemos, que en concreto la variable *Fmax60R* es la que explica un mayor porcentaje de la varianza de la velocidad de marcha, por lo que la masa aparece indirectamente en todos los modelos de predicción de nuestro estudio. En cuanto al nivel de actividad física como predictor de velocidad de marcha, el análisis de regresión múltiple realizado por Bendall, Basse y Pearson (1989) mostró un modelo que explicó el 42% de la varianza de la velocidad de marcha en las mujeres mayores, con la variable de fuerza de piernas como mayor predictor (13%) y con la variable de nivel de actividad física como un predictor terciario (9%) después del dolor de piernas (12%). Nuestro modelo global de toda la muestra explicó más porcentaje de la varianza de la velocidad de marcha (64%), donde hubo un mayor porcentaje explicado por *Fmax60R* (48%) que por el nivel de actividad física (2%).

En nuestro estudio, el equilibrio también fue un predictor de la velocidad de marcha, pero de forma secundaria, ya que solamente apareció en los modelos de capacidades motrices con unos valores de β que representaron entre la mitad y una tercera parte de la explicación de la varianza de la velocidad de marcha en comparación con *Fmax60R*. Nuestro hallazgo apoya los resultados encontrados por Callisaya et al. (2009), que en su estudio también encontraron que el equilibrio fue un predictor secundario de la velocidad de marcha. Los autores de este estudio, con 278 participantes de 72.4 años de media, reportaron un modelo que predijo el 39% de la velocidad de marcha formado por la fuerza de cuádriceps, el tiempo de reacción y el equilibrio, en el que el equilibrio explicó el 2%. Nuestro modelo de capacidades motrices predijo el 50% de la velocidad de marcha mediante las variables de *Fmax60R* y de equilibrio, donde la última explicó significativamente el 2% de la varianza de la velocidad de marcha, el mismo porcentaje que en el estudio de Callisaya et al. (2009). Estos autores, encontraron estos resultados para la condición de equilibrio de OA en el subgrupo de hombres, pero no en el de mujeres. Sus resultados contrastan con lo encontrado en nuestro estudio, donde el equilibrio con OA forma parte del modelo de predicción de la velocidad de marcha del subgrupo de mujeres. En el subgrupo de mujeres, a parte de la condición de OA, destacó el eje ML, mientras que en el total de la muestra y en el subgrupo de muy mayores, a parte de la condición OC, es el eje AP el que destacó como factor predictivo. No hemos encontrado estudios que detallen el eje de equilibrio que mejor predice la velocidad de marcha. Por lo tanto, nuestro estudio aporta cierta evidencia de que el equilibrio por ejes puede predecir parte de la velocidad de marcha. En concreto el equilibrio del eje AP con OC predijo parte de la variabilidad de la máxima velocidad de marcha en personas mayores, tanto en mayores jóvenes como en muy mayores en nuestro estudio. Mientras que el equilibrio del eje ML con OA predijo parte de la variabilidad de la máxima velocidad de marcha en mujeres mayores. Por otro lado, en la literatura publicada hemos encontrado estudios que no encontraron relación entre el equilibrio y la velocidad de marcha, pero sí encontraron que variables de percepción del riesgo de caída durante las actividades de la vida diaria predecían la velocidad de marcha (Kline Mangione, et al., 2008; Rogers, Cromwell, & Newton, 2005). Rogers et al. (2005) reportaron un modelo que

predecía el 49% de la velocidad de marcha e incluía variables de medición indirecta del equilibrio (escala del equilibrio de Berg) y cuestionarios sobre la percepción del riesgo de caída durante las actividades de la vida diaria. Mientras que Kline Mangione et al. (2008) encontraron que la confianza en la capacidad de evitar una caída mediante el control del equilibrio fue un predictor significativo que explicaba un 4% de la varianza de la velocidad de marcha en personas mayores.

Los resultados encontrados son consistentes con nuestras expectativas: la fuerza, el equilibrio y variables generales como la edad y el nivel de actividad física predicen la velocidad de marcha de las personas mayores de nuestro estudio. Aunque la contribución del equilibrio en la explicación de la varianza de la velocidad de marcha es significativa, no es tan importante como se podía esperar.

Basándonos en lo aprendido en este estudio junto con la revisión literaria podemos sugerir que es importante que los kinesiólogos consideren el clave impacto de la producción de fuerza de extremidad inferior cuando diseñen los programas de ejercicio destinados al mantenimiento o la mejora de la funcionalidad en personas mayores. Y como complemento del entrenamiento de fuerza muscular, se podrían incluir ejercicios encaminados al aumento de la confianza en la capacidad de evitar una caída mediante el control del equilibrio. Siempre dentro de un marco que fomente la adherencia al ejercicio físico, pues no debemos olvidar que el nivel de actividad física también es un predictor de marcha funcional.

II.4.3. Efectos de oclusión de ojos y carga cognitiva en el equilibrio

El control del equilibrio no siempre se da en condiciones ideales. Por ejemplo, cuando una persona mayor camina como actividad de su vida diaria, debe prestar atención al entorno, lo que implica compartir la atención (Lacour, et al., 2008) y el consecuente incremento de dificultad en el control del equilibrio.

En nuestro estudio encontramos que casi todas las variables de equilibrio, incluyendo ambos ejes y ratio, presentaron diferencias significativas bajo las tres condiciones: OA, OC y CC. En ambos ejes el equilibrio con OA fue significativamente mejor que con OC o con CC, mientras que en el eje ML, hay variables que también discriminaron entre OC y CC, en las cuales el equilibrio fue mejor con OC que con CC.

En nuestro estudio, la oclusión de visión causó un empeoramiento significativo del equilibrio, tanto en el eje AP como en el ML. Estos resultados van en la misma línea que los publicados por numerosos estudios que informaron que las personas mayores presentaron peor equilibrio con OC que con OA, dicho efecto de visión fue significativo en ambos ejes (Bauer, et al., 2008; Bellew, et al., 2003; Era, et al., 2006; Nagy, et al., 2007; Prado, et al., 2007; Swanenburg, et al., 2009); aunque en un estudio la diferencia fue más pronunciada en ML que en AP (Bauer, et al., 2008) y en otro a la inversa (Nagy, et al., 2007). Así que, podemos afirmar que la oclusión de ojos en las personas mayores sanas de ámbito rural de nuestro estudio produce un empeoramiento en el control del equilibrio de forma parecida a la reportada por autores previamente.

En las personas mayores, cuando se realiza una tarea postural junto con otro tipo de tarea, las demandas atencionales globales aumentan, y aquellas asociadas al control del equilibrio varían dependiendo de la complejidad de ambas tareas desempeñadas (Woollacott & Shumway-Cook, 2002). El diseño de nuestro estudio incluía una tarea postural de baja complejidad, que se trataba del mantenimiento del equilibrio pseudo-estático en bipedestación, junto con una CC adicional que podría considerarse de mayor complejidad, puesto que se trataba de contar hacia atrás en voz alta. Esta tarea conlleva demandas atencionales, matemáticas y de vocalización, y hay autores que la consideran como la tarea doble ideal para perturbar el control postural de las personas mayores (Swanenburg, et al., 2009). Cuando una persona mayor realiza una tarea postural simultáneamente a una tarea cognitiva, es de esperar que disminuya el rendimiento de la tarea postural, tal y como sugirieron Shumway-Cook, Woollacott, Kerns, y Baldwin (1997) basándose en sus resultados. Por lo tanto, en nuestro estudio era de esperar que al añadir una tarea cognitiva, los participantes empeorasen el equilibrio en comparación a OA, y así fue. Este empeoramiento del equilibrio se produjo tanto en el eje AP como en el eje ML. Varios estudios consultados aportan información sobre el efecto de una tarea secundaria adicional en el control del equilibrio. La autora Shumway-Cook y sus colegas explicaron en dos publicaciones que cuando las personas mayores realizan una tarea secundaria simultáneamente al mantenimiento del equilibrio pseudo-estático en bipedestación, presentan un mayor desplazamiento del CdP que cuando no realizan ninguna tarea concurrente (Shumway-

Cook & Woollacott, 2000; Shumway-Cook, et al., 1997). Según Shumway-Cook y Woollacott (2000), este empeoramiento del equilibrio con la tarea secundaria adicional fue del 3-12% en las personas de >64 años sanas de su estudio. Swanenburg et al. (2009) también examinaron el efecto de una tarea secundaria sobre el equilibrio. Valoraron el equilibrio pseudo-estático en bipedestación sobre una plataforma de fuerzas a 39 personas de 62-95 años. Los autores encontraron que el equilibrio empeoraba significativamente cuando se hacía con una tarea doble, en comparación a OA, incluyendo el equilibrio en el eje AP y en el ML. Además, cuando la tarea doble consistía en contar hacia atrás en voz alta es cuando mayor empeoramiento de equilibrio se produjo en comparación a OA. En contraste a lo encontrado en estos tres artículos, Prado et al. (2007) afirmaron que las tareas dobles no tienen porqué necesariamente producir un empeoramiento del equilibrio, porque si dicha tarea doble consiste en centrar la vista, puede generar mejoras en la percepción visual del movimiento y esta información puede ser utilizada por el sistema de control postural para reducir el balanceo postural. Los tres primeros artículos explican hallazgos similares a los encontrados en nuestro estudio, es decir, que la CC adicional hace que empeore el control del equilibrio en ambos ejes. No obstante, el último artículo encontró lo contrario, aunque no se trata del tipo de tarea doble de nuestro estudio, ya que es una tarea visual en lugar de una tarea cognitiva matemática que implica atención y articulación de palabras. Este empeoramiento del equilibrio con CC en comparación a OA de nuestro estudio podría explicarse porque con la CC parte de la atención de las personas mayores se desvía hacia la tarea cognitiva y disminuye el rendimiento del equilibrio. Nuestros resultados encontrados respaldan la hipótesis planteada por autores previamente de que al realizar una tarea cognitiva adicional, las personas mayores tienen peor equilibrio que en bipedestación con OA (Lacour, et al., 2008). Dichos resultados tienen relevancia en la vida cotidiana de las personas mayores puesto que normalmente su sistema de equilibrio debe compartir la atención con actividades colaterales como prestar atención a un semáforo cuando se quiere cruzar la calle, recordar eventos, atender una llamada del teléfono móvil o conversar con alguien.

Por otro lado, en nuestro estudio encontramos que el equilibrio del eje ML discriminaba entre OC y CC, y fue mejor en la primera que en la segunda condición. Sin embargo, en la literatura consultada no hemos encontrado lo contrario, puesto que Swanenburg et al. (2009) no encontraron diferencias entre ambas condiciones. Estos autores argumentaron que dichas condiciones representan demandas similares al sistema del equilibrio y que por lo tanto no generan ninguna perturbación adicional en el control postural.

Al realizar el ANOVA de las variables de equilibrio por subgrupos de edad bajo las tres condiciones (OA, OC y CC) no se encontraron interacciones estadísticamente significativas. No obstante, el equilibrio del eje AP empeoró significativamente con la edad y tanto con OC como con CC, pero únicamente en dos variables: trayectoria y pico de velocidad. Rogers y Mille (2003), por el contrario, en su revisión encontraron como la edad producía un efecto negativo del equilibrio en el eje ML al comparar adultos con personas mayores, y no en el eje AP. Por lo que, en base a nuestros resultados y las publicaciones consultadas, parece que el equilibrio del eje ML discrimina con la edad entre adultos y mayores, mientras el equilibrio del eje AP discrimina entre mayores jóvenes y muy mayores.

El incremento del balanceo postural en el eje ML está asociado al historial de caídas y al futuro riesgo de caídas (Piirtola & Era, 2006; M. W. Rogers & M. L. Mille, 2003). La elevada amplitud de recorrido del CdP tanto con OA como con OC en el eje ML se considera el predictor de caídas más destacado en personas mayores según la revisión de Piirtola y Era (2006). Aunque según estos mismos autores, la elevada velocidad del eje AP con OA también predecía las caídas.

En síntesis, en base a nuestros resultados y las publicaciones consultadas, las personas mayores sanas de ámbito rural sin impedimentos físicos no parecen presentar problemas de control del equilibrio en comparación a los adultos. Sin embargo, cuando se les priva de visión o se les añade una CC que requiera compartir la atención empeoran su equilibrio. Esto nos hace reflexionar sobre la importancia del diseño de programas de ejercicio físico para personas mayores que incluyan entrenamiento de equilibrio bajo un contexto de manipulación de visión y de tareas múltiples que fomente la compartición de atención. De manera que se pueda entrenar la mejora del

equilibrio bajo condiciones más desfavorables, puesto que son habituales en la vida diaria de las personas mayores, como el conversar con alguien mientras se camina. De hecho, autores previamente han sugerido que el entrenamiento del equilibrio debería incluirse en los programas de ejercicio bajo un contexto de tareas múltiples (Shumway-Cook, et al., 1997).

En cuanto a los subgrupos de edad de nuestro estudio, los participantes muy mayores de nuestro estudio no tienen porqué presentar un mayor riesgo de sufrir caídas en comparación a los mayores jóvenes, puesto que no presentaron diferencias en su equilibrio ML. No obstante, hay autores que afirman que la elevada velocidad del eje AP también predice las caídas, y en nuestro estudio el grupo de muy mayores presentaba mayor pico de velocidad AP que el grupo de mayores jóvenes. Estos hallazgos nos podrían indicar que a pesar de que nuestros participantes no presentaron historial de caídas, puede que el grupo de muy mayores tenga más posibilidades de sufrir una caída que el grupo de mayores jóvenes. La medición de parámetros de equilibrio en plataforma de fuerzas podría ser una herramienta útil en la evaluación preliminar del riesgo de caídas (Maki, Holliday, & Topper, 1994; Piirtola & Era, 2006) y podría utilizarse como una alarma para que las personas mayores afectadas sepan que son potencialmente 'caedoras' y se enrolean en programas de ejercicio que puedan mejorar su equilibrio. Para ello, además, sería necesario que los responsables de programar las intervenciones de ejercicio orientadas a personas mayores incluyan ejercicios para la mejora del equilibrio en el plano frontal, por su arraigada relación con la prevención de caídas. Asimismo, cuando los participantes sean muy mayores, como posible estrategia de prevención de caídas, se podrían incluir ejercicios de equilibrio que obliguen a experimentar aceleraciones en el plano sagital con el objeto de la mejora de parámetros de velocidad en el eje AP.

II.4.4. Limitaciones y futuras líneas

A continuación citamos ciertas limitaciones de nuestro estudio.

Primero, el tamaño de la muestra de nuestro estudio fue relativamente bajo comparado con estudios epidemiológicos, lo que limitó la generalización de los resultados encontrados. Además, como la participación de hombres fue muy baja vimos limitadas las comparaciones entre sexo y la creación de un modelo de predicción de la marcha funcional en hombres. En futuras investigaciones debería ampliarse el tamaño de la muestra, tanto en global como en el grupo de hombres.

Segundo, en las valoraciones de fuerza no incluimos otras mediciones relacionadas con la marcha funcional y con las caídas como podrían ser la fuerza de la musculatura del tobillo o la potencia muscular de la musculatura de extremidad inferior. Además, se debería ampliar la medición de la fuerza muscular mediante tests con ángulos articulares y tipos de contracción (dinámica) próximos a los que se corresponden con las actividades de la vida diaria. Recordemos que los resultados presentados formaron parte de una investigación que incluyó otro tipo de valoraciones psicológicas, fisiológicas y morfológicas y no presentadas en esta tesis. Motivo por el que existió una limitación del tiempo de valoración destinado a los aspectos biomecánicos de cada participante. En futuras investigaciones se podría profundizar en el análisis de valoraciones biomecánicas de fuerza muscular relacionadas con la marcha funcional y las caídas mediante tests isométricos e isocinéticos de fuerza máxima o mediante tests de potencia muscular aplicada a musculatura que moviliza tobillo o cadera. Asimismo, sería interesante analizar conjuntamente las valoraciones psicológicas, fisiológicas, morfológicas y biomecánicas del presente proyecto.

Tercero, en nuestro estudio valoramos la funcionalidad física, entendida como la capacidad de una persona para realizar sin impedimentos motrices sus actividades de la vida diaria mediante la velocidad de marcha. Este hecho limitó la generalización de nuestros resultados a otras acepciones de funcionalidad física.

Cuarto, encontramos dificultades para medir algunos parámetros como la fuerza o el equilibrio. Algunos participantes presentaron dificultades para procesar la información de las consignas necesarias para entender los protocolos experimentales en las

distintas condiciones de equilibrio y/o para realizar contracciones musculares máximas a las que no estaban habituados.

Quinto, asumimos que el modelo de predicción de la funcionalidad física era lineal. Pero existe evidencia que indica que modelos no-lineales tiene un mayor poder predictivo. En futuras investigaciones se deberían incluir análisis no-lineales que permitan realizar una predicción óptima de la funcionalidad física.

Sexto, el test de equilibrio con carga cognitiva conlleva una habilidad de cálculo matemático que puede no representar una dificultad similar para todos los participantes. Además, durante la tarea doble algunos participantes acompañaron el contar en voz alta con movimientos de asentimiento. A pesar de que eliminamos los intentos en los que había un gran movimiento de cabeza, puede que otros intentos presentasen un registro del equilibrio alterado. En futuras investigaciones debería escogerse un tipo de tarea doble que se pueda adaptar a la capacidad cognitiva de cada participante y que no presente una potencial alteración mecánica del registro del equilibrio. Una propuesta de tarea doble podría ser memorizar el máximo número de palabras y repetirlas una vez ha finalizado el registro del equilibrio.

Séptimo, no valoramos el rendimiento presentado en la tarea cognitiva. En futuras investigaciones se debería valorar el rendimiento presentado en la tarea no postural y su influencia en el control del equilibrio.

Octavo, el haber incluido en el estudio únicamente participantes sin historial de caídas puede limitar los hallazgos del equilibrio en relación a la predicción de la funcionalidad física. En futuras investigaciones se podrían incluir participantes con historial de caídas con el fin de buscar una predicción de la funcionalidad física con mayor predicción del equilibrio y aplicable no solamente a personas mayores sanas, sino también a personas mayores con historial de caídas.

Por último, en la literatura encontramos gran heterogeneidad en los protocolos de medición de fuerza muscular de extremidad inferior y equilibrio. La fuerza muscular de nuestro estudio la presentamos como el valor máximo isométrico independientemente del lado corporal y de la dominancia. Aunque esta forma de reportar fuerza está ampliamente aceptada, no encontramos estudios que la utilizasen con la misma población, grupo muscular, tipo de contracción y posición corporal. El

equilibrio de nuestro estudio lo valoramos sobre una plataforma de fuerzas bajo tres condiciones y presentamos el comportamiento del desplazamiento del centro de presiones en los dos ejes mediante diversas variables. Aunque esta metodología también está extensamente aceptada, los estudios que consultamos presentaron metodologías muy heterogéneas en dichos aspectos. Estos hechos dificultaron la comparación de nuestros resultados con estudios previamente publicados.

II.5. Conclusiones

Los participantes de nuestro estudio presentan una velocidad de marcha y una fuerza de extremidad inferior dentro de los baremos habituales, y una fuerza de extremidad superior entre similar e inferior a lo habitual. La fuerza, tanto de extremidad inferior como de extremidad superior fue mayor en hombres que en mujeres y en mayores jóvenes que en muy mayores.

Parece que la fuerza de extensores de rodilla a 60° de flexión de rodilla normalizada por masa corporal es un predictor clave de la marcha funcional en personas mayores. En nuestra muestra, la máxima velocidad de marcha se puede predecir mediante un modelo global que incluye fuerza de piernas, edad y nivel de actividad física o mediante un modelo de capacidades físicas que incluye fuerza de piernas y equilibrio. Aunque el equilibrio es un predictor secundario de la funcionalidad, es clave por su relación con las caídas según lo publicado en la literatura. En nuestro estudio, el equilibrio de ambos ejes es predictor de la marcha funcional; el equilibrio del eje AP con ojos cerrados (en mayores jóvenes y muy mayores) y el equilibrio del eje ML con ojos abiertos (en el grupo de mujeres). Además, el control del equilibrio se ve empeorado tanto en el eje AP como en el ML cuando se produce una alteración de la visión o cuando se realiza una tarea cognitiva simultáneamente. No obstante, entre los mayores jóvenes y muy mayores se ve empeorado especialmente en el eje AP. Dicho resultado complementa lo ya conocido sobre el empeoramiento del equilibrio en el eje ML de adultos a mayores jóvenes.

El diseño de programas de ejercicio físico destinados al mantenimiento o la mejora de la funcionalidad física de las personas mayores debería hacer especial hincapié en la

inclusión de objetivos de mejora de la fuerza muscular combinados con objetivos de mejora del equilibrio. En concreto, deberían incluir ejercicios para la mejora de la fuerza muscular de extremidad inferior y para la mejora del equilibrio en el eje ML, debido a su relación con la funcionalidad física y la prevención de caídas. Además, los ejercicios para la mejora del equilibrio deberían incluir situaciones de oclusión ocular y de multitarea que obligue a compartir la atención. Las intervenciones focalizadas en personas muy mayores, además deberían incluir ejercicios del control del equilibrio en el eje AP, puesto que es el más empeorado en este extremo de edad.

II.6. Referencias bibliográficas del capítulo II

- Andrews, A. W., Thomas, M. W., & Bohannon, R. W. (1996). Normative values for isometric muscle force measurements obtained with hand-held dynamometers. *Phys Ther*, 76(3), 248-259.
- Bauer, C., Groger, I., Rupprecht, R., & Gassmann, K. G. (2008). Intrasession reliability of force platform parameters in community-dwelling older adults. *Arch Phys Med Rehabil*, 89(10), 1977-1982.
- Bean, J. F., Kiely, D. K., Herman, S., Leveille, S. G., Mizer, K., Frontera, W. R., et al. (2002). The relationship between leg power and physical performance in mobility-limited older people. *J Am Geriatr Soc*, 50(3), 461-467.
- Beenakker, K. G., Ling, C. H., Meskers, C. G., de Craen, A. J., Stijnen, T., Westendorp, R. G., et al. (2010). Patterns of muscle strength loss with age in the general population and patients with a chronic inflammatory state. *Ageing Res Rev*, 9(4), 431-436.
- Bellew, J. W., Yates, J. W., & Gater, D. R. (2003). The initial effects of low-volume strength training on balance in untrained older men and women. *J Strength Cond Res*, 17(1), 121-128.
- Bendall, M. J., Bassey, E. J., & Pearson, M. B. (1989). Factors affecting walking speed of elderly people. *Age Ageing*, 18(5), 327-332.
- Bohannon, R. W. (1993). Comparability of force measurements obtained with different strain gauge hand-held dynamometers. *J Orthop Sports Phys Ther*, 18(4), 564-567.
- Bohannon, R. W. (1997a). Comfortable and maximum walking speed of adults aged 20-79 years: reference values and determinants. *Age Ageing*, 26(1), 15-19.
- Bohannon, R. W. (1997b). Reference values for extremity muscle strength obtained by hand-held dynamometry from adults aged 20 to 79 years. *Arch Phys Med Rehabil*, 78(1), 26-32.
- Bohannon, R. W. (2008). Population representative gait speed and its determinants. *J Geriatr Phys Ther*, 31(2), 49-52.
- Brauer, S. G., Woollacott, M., & Shumway-Cook, A. (2001). The Interacting Effects of Cognitive Demand and Recovery of Postural Stability in Balance-Impaired Elderly Persons. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 56(8), M489-496.
- Buchner, D. M., Cress, M. E., Esselman, P. C., Margherita, A. J., de Lateur, B. J., Campbell, A. J., et al. (1996). Factors associated with changes in gait speed in older adults. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 51(6), M297-302.
- Buchner, D. M., Larson, E. B., Wagner, E. H., Koepsell, T. D., & de Lateur, B. J. (1996). Evidence for a non-linear relationship between leg strength and gait speed. *Age Ageing*, 25(5), 386-391.
- Budziareck, M. B., Pureza Duarte, R. R., & Barbosa-Silva, M. C. (2008). Reference values and determinants for handgrip strength in healthy subjects. *Clin Nutr*, 27(3), 357-362.
- Callisaya, M. L., Blizzard, L., Schmidt, M. D., McGinley, J. L., Lord, S. R., & Srikanth, V. K. (2009). A population-based study of sensorimotor factors affecting gait in older people. *Age Ageing*, 38(3), 290-295.

- Cesari, M., Kritchevsky, S. B., Newman, A. B., Simonsick, E. M., Harris, T. B., Penninx, B. W., et al. (2009). Added value of physical performance measures in predicting adverse health-related events: results from the Health, Aging And Body Composition Study. *J Am Geriatr Soc*, 57(2), 251-259.
- Chodzko-Zajko, W. J., Proctor, D. N., Fiatarone Singh, M. A., Minson, C. T., Nigg, C. R., Salem, G. J., et al. (2009). American College of Sports Medicine position stand. Exercise and physical activity for older adults. *Med Sci Sports Exerc*, 41(7), 1510-1530.
- Cress, M. E., Schechtman, K. B., Mulrow, C. D., Fiatarone, M. A., Gerety, M. B., & Buchner, D. M. (1995). Relationship between physical performance and self-perceived physical function. *J Am Geriatr Soc*, 43(2), 93-101.
- Danneskiold-Samsøe, B., Bartels, E. M., Bülow, P. M., Lund, H., Stockmarr, A., Holm, C. C., et al. (2009). Isokinetic and isometric muscle strength in a healthy population with special reference to age and gender. *Acta Physiol (Oxf)*, 197, 1-68.
- Deschenes, M. R. (2004). Effects of aging on muscle fibre type and size. *Sports Med*, 34(12), 809-824.
- Dey, D. K., Bosaeus, I., Lissner, L., & Steen, B. (2009). Changes in body composition and its relation to muscle strength in 75-year-old men and women: a 5-year prospective follow-up study of the NORA cohort in Goteborg, Sweden. *Nutrition*, 25(6), 613-619.
- Era, P., Sainio, P., Koskinen, S., Haavisto, P., Vaara, M., & Aromaa, A. (2006). Postural balance in a random sample of 7,979 subjects aged 30 years and over. *Gerontology*, 52(4), 204-213.
- Giné-Garriga, M., Guerra, M., Manini, T. M., Mari-Dell'Olmo, M., Pagès, E., & Unnithan, V. B. (2010). Measuring balance, lower extremity strength and gait in the elderly: construct validation of an instrument. *Arch Gerontol Geriatr*, 51(2), 199-204.
- Giné-Garriga, M., Guerra, M., Pagès, E., Manini, T. M., Jiménez, R., & Unnithan, V. B. (2010). The effect of functional circuit training on physical frailty in frail older adults: a randomized controlled trial. *J Aging Phys Act*, 18(4), 401-424.
- Hakkinen, K., Pastinen, U. M., Karsikas, R., & Linnamo, V. (1995). Neuromuscular performance in voluntary bilateral and unilateral contraction and during electrical stimulation in men at different ages. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 70(6), 518-527.
- Heinrich, S., Rapp, K., Rissmann, U., Becker, C., & König, H. H. (2010). Cost of falls in old age: a systematic review. *Osteoporos Int*, 21(6), 891-902.
- Herman, S., Kiely, D. K., Leveille, S., O'Neill, E., Cyberey, S., & Bean, J. F. (2005). Upper and lower limb muscle power relationships in mobility-limited older adults. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 60(4), 476-480.
- Hernandez, A., Silder, A., Heiderscheit, B. C., & Thelen, D. G. (2009). Effect of age on center of mass motion during human walking. *Gait Posture*, 30(2), 217-222.
- Himann, J. E., Cunningham, D. A., Rechnitzer, P. A., & Paterson, D. H. (1988). Age-related changes in speed of walking. *Med Sci Sports Exerc*, 20(2), 161-166.
- Instituto de Mayores y Servicios Sociales. (2009). *Las personas mayores en España. Datos estadísticos estatales y por Comunidades Autónomas. Informe 2008*.

- Instituto Nacional de Estadística. (2010). Padrón Municipal. Retrieved 12 February 2011: <http://www.ine.es>
- Kline Mangione, K., Craik, R. L., Lopopolo, R., Tomlinson, J. D., & Brenneman, S. K. (2008). Predictors of gait speed in patients after hip fracture. *Physiother Can*, 60(1), 10-18.
- Kluding, P., & Gajewski, B. (2009). Lower-extremity strength differences predict activity limitations in people with chronic stroke. *Phys Ther*, 89(1), 73-81.
- Lacour, M., Bernard-Demanze, L., & Dumitrescu, M. (2008). Posture control, aging, and attention resources: models and posture-analysis methods. *Neurophysiol Clin*, 38(6), 411-421.
- Larsson, L., Grimby, G., & Karlsson, J. (1979). Muscle strength and speed of movement in relation to age and muscle morphology. *J Appl Physiol*, 46(3), 451-456.
- Laukkanen, P., Leskinen, E., Kauppinen, M., Sakari-Rantala, R., & Heikkinen, E. (2000). Health and functional capacity as predictors of community dwelling among elderly people. *J Clin Epidemiol*, 53(3), 257-265.
- Lauretani, F., Russo, C. R., Bandinelli, S., Bartali, B., Cavazzini, C., Di Iorio, A., et al. (2003). Age-associated changes in skeletal muscles and their effect on mobility: an operational diagnosis of sarcopenia. *J Appl Physiol*, 95(5), 1851-1860.
- Lord, S. R., Lloyd, D. G., & Li, S. K. (1996). Sensori-motor function, gait patterns and falls in community-dwelling women. *Age Ageing*, 25(4), 292-299.
- Luna-Heredia, E., Martin-Pena, G., & Ruiz-Galiana, J. (2005). Handgrip dynamometry in healthy adults. *Clin Nutr*, 24(2), 250-258.
- Lusardi, M. M., Pellecchia, G. L., & Schulman, M. (2003). Functional Performance in Community Living Older Adults. *J Geriatr Phys Ther*, 26(3), 14-22.
- Macfarlane, P. A., & Looney, M. A. (2008). Walkway length determination for steady state walking in young and older adults. *Res Q Exerc Sport*, 79(2), 261-267.
- Maki, B. E., Holliday, P. J., & Topper, A. K. (1994). A prospective study of postural balance and risk of falling in an ambulatory and independent elderly population. *J Gerontol*, 49(2), M72-84.
- Masui, T., Hasegawa, Y., Matsuyama, Y., Sakano, S., Kawasaki, M., & Suzuki, S. (2005). Gender differences in platform measures of balance in rural community-dwelling elders. *Arch Gerontol Geriatr*, 41(2), 201-209.
- Maylor, E. A., & Wing, A. M. (1996). Age differences in postural stability are increased by additional cognitive demands. *J Gerontol B Psychol Sci Soc Sci*, 51(3), P143-154.
- Nagy, E., Feher-Kiss, A., Barnai, M., Domjan-Preszner, A., Angyan, L., & Horvath, G. (2007). Postural control in elderly subjects participating in balance training. *Eur J Appl Physiol*, 100(1), 97-104.
- Perry, M. C., Carville, S. F., Smith, I. C., Rutherford, O. M., & Newham, D. J. (2007). Strength, power output and symmetry of leg muscles: effect of age and history of falling. *Eur J Appl Physiol*, 100(5), 553-561.
- Piirainen, J. M., Avela, J., Sippola, N., & Linnamo, V. (2010). Age dependency of neuromuscular function and dynamic balance control. *Eur J Sport Sci*, 10(1), 69-79.
- Piirtola, M., & Era, P. (2006). Force platform measurements as predictors of falls among older people - a review. *Gerontology*, 52(1), 1-16.

- Pizzigalli, L., Filippini, A., Ahmaidi, S., Jullien, H., & Rainoldi, A. (2011). Prevention of falling risk in elderly people: the relevance of muscular strength and symmetry of lower limbs in postural stability. *J Strength Cond Res*, 25(2), 567-574.
- Prado, J. M., Stoffregen, T. A., & Duarte, M. (2007). Postural sway during dual tasks in young and elderly adults. *Gerontology*, 53(5), 274-281.
- Raymakers, J. A., Samson, M. M., & Verhaar, H. J. (2005). The assessment of body sway and the choice of the stability parameter(s). *Gait Posture*, 21(1), 48-58.
- Ribom, E. L., Mellstrom, D., Ljunggren, O., & Karlsson, M. K. (2010). Population-based reference values of handgrip strength and functional tests of muscle strength and balance in men aged 70-80 years. *Arch Gerontol Geriatr*, 53(2), 114-7.
- Ringsberg, K., Gerdhem, P., Johansson, J., & Obrant, K. J. (1999). Is there a relationship between balance, gait performance and muscular strength in 75-year-old women? *Age Ageing*, 28(3), 289-293.
- Rogers, H. L., Cromwell, R. L., & Newton, R. A. (2005). Association of balance measures and perception of fall risk on gait speed: a multiple regression analysis. *Exp Aging Res*, 31(2), 191-203.
- Rogers, M. W., & Mille, M. L. (2003). Lateral stability and falls in older people. *Exerc Sport Sci Rev*, 31(4), 182-187.
- Rubenstein, L. Z., & Josephson, K. R. (2002). The epidemiology of falls and syncope. *Clin Geriatr Med*, 18(2), 141-158.
- Schlussel, M. M., dos Anjos, L. A., de Vasconcellos, M. T., & Kac, G. (2008). Reference values of handgrip dynamometry of healthy adults: a population-based study. *Clin Nutr*, 27(4), 601-607.
- Serra-Rexach, J. A., Bustamante-Ara, N., Hierro Villaran, M., Gonzalez Gil, P., Sanz Ibanez, M. J., Blanco Sanz, N., et al. (2011). Short-Term, Light- to Moderate-Intensity Exercise Training Improves Leg Muscle Strength in the Oldest Old: A Randomized Controlled Trial. *J Am Geriatr Soc*, 59(4), 594-602.
- Shinkai, S., Watanabe, S., Kumagai, S., Fujiwara, Y., Amano, H., Yoshida, H., et al. (2000). Walking speed as a good predictor for the onset of functional dependence in a Japanese rural community population. *Age Ageing*, 29(5), 441-446.
- Shumway-Cook, A., & Woollacott, M. (2000). Attentional demands and postural control: the effect of sensory context. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 55(1), M10-16.
- Shumway-Cook, A., Woollacott, M., Kerns, K. A., & Baldwin, M. (1997). The effects of two types of cognitive tasks on postural stability in older adults with and without a history of falls. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 52(4), M232-240.
- Steffen, T. M., Hacker, T. A., & Mollinger, L. (2002). Age- and gender-related test performance in community-dwelling elderly people: Six-Minute Walk Test, Berg Balance Scale, Timed Up & Go Test, and gait speeds. *Phys Ther*, 82(2), 128-137.
- Stel, V. S., Smit, J. H., Pluijm, S. M., & Lips, P. (2003). Balance and mobility performance as treatable risk factors for recurrent falling in older persons. *J Clin Epidemiol*, 56(7), 659-668.
- Studenski, S., Perera, S., Patel, K., Rosano, C., Faulkner, K., Inzitari, M., et al. (2011). Gait speed and survival in older adults. *JAMA*, 305(1), 50-58.
- Swanenburg, J., de Bruin, E. D., Uebelhart, D., & Mulder, T. (2009). Compromising postural balance in the elderly. *Gerontology*, 55(3), 353-360.

- Takata, Y., Ansai, T., Soh, I., Awano, S., Yoshitake, Y., Kimura, Y., et al. (2010). Quality of life and physical fitness in an 85-year-old population. *Arch Gerontol Geriatr*, 50(3), 272-276.
- Visser, M., Goodpaster, B. H., Kritchevsky, S. B., Newman, A. B., Nevitt, M., Rubin, S. M., et al. (2005). Muscle mass, muscle strength, and muscle fat infiltration as predictors of incident mobility limitations in well-functioning older persons. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 60(3), 324-333.
- Washburn, R. A., Smith, K. W., Jette, A. M., & Janney, C. A. (1993). The Physical Activity Scale for the Elderly (PASE): development and evaluation. *J Clin Epidemiol*, 46(2), 153-162.
- Winter, D. A., Patla, A. E., & Frank, J. S. (1990). Assessment of balance control in humans. *Med Prog Technol*, 16(1-2), 31-51.
- Woollacott, M., & Shumway-Cook, A. (2002). Attention and the control of posture and gait: a review of an emerging area of research. *Gait Posture*, 16(1), 1-14.

**CAPÍTULO III. Efectos de las intervenciones de
ejercicio y retención**

III

III.1. Introducción

La funcionalidad física, entendida como la capacidad de una persona para realizar sin impedimentos motrices sus actividades de la vida diaria, disminuye con el envejecimiento (Kelly-Hayes, et al., 1992; Laukkanen, et al., 2000; Shinkai, et al., 2000) y se exacerba con la presencia de enfermedades y/o inactividad física (McGuire, et al., 2001). Las personas mayores, en comparación a los adultos presentan un declive de aspectos clave relacionados con la motricidad, como la velocidad de marcha (Bohannon, 1997a; Lopopolo, et al., 2006), la fuerza muscular (Andrews, et al., 1996; Bohannon, 1997b; Danneskiold-Samsøe, et al., 2009) o el equilibrio (Era, et al., 2006; Masui, et al., 2005). La marcha es un atributo crítico relacionado con la funcionalidad física en personas mayores, tanto por su importancia para desplazarse en las actividades de la vida diaria como por ser un indicador de funcionalidad física, invalidez, independencia física e incluso supervivencia (Cesari, et al., 2009; Cress, et al., 1995; Kelly-Hayes, et al., 1992; Laukkanen, et al., 2000; Shinkai, et al., 2000; Studenski, et al., 2011). A su vez, ciertas capacidades motrices como la fuerza muscular o el equilibrio, están relacionadas con la marcha funcional (Buchner, Cress, et al., 1996; Callisaya, et al., 2009; Kline Mangione, et al., 2008; Kluding & Gajewski, 2009; Lord, Lloyd, & Li, 1996).

A pesar del declive motriz típicamente adscrito al envejecimiento, éste no es necesariamente inevitable, puesto que es bien conocido que el ejercicio físico practicado de forma regular puede prevenir o tratar muchos de los efectos negativos asociados al envejecimiento (McGuire, et al., 2001; Nelson, et al., 2007). No obstante, no todas las intervenciones de ejercicio físico producen los mismos efectos. Existen diversas maneras de clasificar los tipos de intervenciones para personas mayores, hay autores que las clasifican en específicas, gimnasias dulces, tradicionales y con animales. Hay estudios que apuestan por intervenciones específicas para la mejora de un aspecto en concreto, que en personas mayores suele estar focalizado en la funcionalidad física, tal y como encontraron Bean, Vora y Frontera (2004) en su revisión, o tal y como incluyeron autores de estudios más recientes (Giné-Garriga, Guerra, Pages, et al., 2010). Este tipo de intervenciones incluye ejercicios similares a los de la vida diaria de las personas mayores con el fin de obtener mejoras en su

funcionalidad física (e.g. sentarse y levantarse de una silla, caminar realizando cambios de dirección). Dichas intervenciones pueden producir mejoras en los distintos aspectos relacionados con la funcionalidad física de las personas mayores, como por ejemplo la marcha, la fuerza o el equilibrio (Giné-Garriga, Guerra, Pages, et al., 2010). Por otro lado, existen las denominadas intervenciones de gimnasias dulces, que incluyen actividades como taichí, yoga, baile o qigong (Howe, et al., 2007). Estas intervenciones están más orientadas a la mejora del equilibrio y la prevención de caídas, aunque también pueden mejorar otros aspectos como la función física, la salud cardiovascular, la salud psicológica o determinadas enfermedades, tal y como informaron los autores de diversas revisiones (Gillespie, et al., 2009; Howe, et al., 2007; C. E. Rogers, L. K. Larkey, & C. Keller, 2009).

Se consideran intervenciones tradicionales aquellas que suelen realizarse grupalmente bajo la dirección de un kinesiólogo y engloban diversos contenidos relacionados con la funcionalidad física, como por ejemplo la fuerza muscular, la resistencia cardiovascular o el equilibrio. Este tipo de intervenciones son muy heterogéneas y pueden producir beneficios en diversos aspectos relacionados con la funcionalidad física tanto en personas mayores residentes en su domicilio en la comunidad como en personas mayores residentes en instituciones (Daniels, et al., 2008; Gillespie, et al., 2009; Rydwick, et al., 2004). Dichos beneficios incluyen mejora de la marcha funcional, de la fuerza muscular y del equilibrio. Además, los autores de la revisión Gillespie et al. (2009), informaron que distintos tipos de diseños tradicionales producen mejoras en una temática de especial interés en las personas mayores, que es el riesgo de caída.

En contraste a las intervenciones de gran especificidad, de gimnasias dulces, o más tradicionales, existen intervenciones con presencia de animales. Dichos estudios incluyen la presencia de mascotas (i.e. perros) o caballos. Los estudios con mascotas informaron de los beneficios del estilo de vida activo que suelen tener los dueños de los animales (Cutt, et al., 2007; Raina, et al., 1999), mientras que los estudios con la presencia de caballos suelen ser intervenciones de ejercicio con un fin terapéutico para ciertas poblaciones con patologías (Bass, et al., 2009; Bronson, et al., 2010; Champagne & Dugas, 2010; Christofolletti, et al., 2010; Drnach, et al., 2010; Hakanson, et al., 2009; Hammer, et al., 2005; Kwon, et al., 2011; McGibbon, et al., 2009;

Silkwood-Sherer & Warmbier, 2007; Zadnikar & Kastrin, 2011). Es bien conocido que las intervenciones de ejercicio con caballo en niños con parálisis cerebral (Drnach, et al., 2010; Kwon, et al., 2011; McGibbon, et al., 2009; Zadnikar & Kastrin, 2011) o en personas con esclerosis múltiple (Bronson, et al., 2010; Hammer, et al., 2005; Silkwood-Sherer & Warmbier, 2007) mejoran el equilibrio de los participantes. Además, también se pueden producir mejoras en la velocidad de marcha (Kwon, et al., 2011), la función motora gruesa (Drnach, et al., 2010), la simetría de los músculos adductores durante la marcha (McGibbon, et al., 2009), la estabilidad del tronco y de la cabeza (Shurtleff & Engsberg, 2010), la movilidad (Silkwood-Sherer & Warmbier, 2007) o el bienestar emocional (Hammer, et al., 2005). Aunque son más escasos, también existen estudios con intervenciones de ejercicio con caballo en personas con otro tipo de patologías, como por ejemplo en niños autistas (Bass, et al., 2009), en niños con síndrome de Down (Champagne & Dugas, 2010), en personas incapacitadas para las actividades de la vida diaria por dolor de espalda (Hakanson, et al., 2009), en niños con trastornos de relación (Hameury, et al., 2011) o en personas con hemiparesia por accidente cerebro-vascular (Christofoletti, et al., 2010); los cuales encontraron que el ejercicio físico con caballo producía beneficios relacionados con la salud de los participantes.

Existe, por tanto, constancia que el ejercicio físico con caballo puede producir beneficios en personas con ciertas patologías, dichos efectos incluyen tanto aspectos relacionados con la funcionalidad física como aspectos más emocionales. No obstante, a pesar de los potenciales beneficios del ejercicio físico con caballo para la mejora de la funcionalidad física, hemos encontrado escasa evidencia de estudios que se hayan focalizado en personas sanas (Toigo, et al., 2008). Únicamente Toigo et al. (2008) realizaron un estudio con personas mayores sanas (60-74 años de edad), las cuales participaron en una intervención de ocho sesiones de ejercicio con caballo (30 minutos de duración cada una, 2 sesiones semanales). En dicho estudio, los autores informaron que los participantes mejoraron su equilibrio pseudo-estático (Toigo, et al., 2008).

Ahora bien, parece que las intervenciones de ejercicio con caballo son efectivas para diversos aspectos relacionados con la funcionalidad física, aunque en personas mayores solo tenemos constancia de mejoras en el equilibrio en una intervención de

relativa corta duración. Además, no hemos encontrado evidencia de si estos beneficios son distintos a los de otro tipo de intervenciones de ejercicio, como por ejemplo las intervenciones más tradicionales.

Las intervenciones anteriormente mencionadas pueden tener efectos inmediatos beneficiosos en los aspectos relacionados con la funcionalidad física de las personas mayores. Dichos efectos, o parte de ellos, se pueden retener cierto tiempo una vez ha finalizado la intervención de ejercicio físico. Son limitados los diseños de estudios que incluyeron valoraciones de seguimiento con el fin de detectar la retención de los efectos de las intervenciones de ejercicio físico. No obstante, existe cierta evidencia al respecto. Protas et al. (2009), encontraron que a los 3-6 meses de haber finalizado su intervención de tres meses de ejercicio físico tradicional, las mejoras de marcha y funcionalidad física se retuvieron, no obstante, la fuerza muscular volvió a su valor inicial. Giné-Garriga et al. (2010), encontraron que a los seis meses de haber finalizado su intervención de 12 semanas de entrenamiento en circuito funcional, los beneficios en la velocidad de marcha y de equilibrio se retuvieron parcialmente, mientras que los beneficios en la fuerza de extensores de rodilla izquierda se perdieron totalmente. Buchner et al. (1997), encontraron que a los tres meses de haber finalizado sus dos intervenciones de ejercicio físico de seis meses de duración que habían mostrado beneficios en la fuerza de piernas se retuvieron parcialmente dichos beneficios (67.2% y 9.1% en su intervención de fuerza y resistencia, respectivamente). Serra-Rexach et al. (2011), encontraron que a las cuatro semanas de haber finalizado su intervención de ocho semanas de ejercicio de fuerza de extremidad inferior en muy mayores, las mejoras en la fuerza de piernas se retuvieron parcialmente, un 63%.

Para valorar los efectos inmediatos y de retención de intervenciones de ejercicio físico en personas mayores, consideramos clave la medición de la funcionalidad física incluyendo la valoración de la marcha y de factores subyacentes, como la fuerza muscular y el equilibrio. Diversas intervenciones de ejercicio físico para personas mayores pueden producir mejoras en la marcha (Latham, et al., 2004; Lopopolo, et al., 2006; Mian, et al., 2007), la fuerza muscular (Buchner, et al., 1997; Cress, et al., 1999; Giné-Garriga, Guerra, Pagès, et al., 2010; Latham, et al., 2004; Lord, et al., 1995; Protas & Tissier, 2009; Rooks, et al., 1997; Serra-Rexach, et al., 2011; Sipila, et al., 1996; Vogel,

et al., 2009) o el equilibrio (Howe, et al., 2007; Orr, et al., 2008; Rydwik, et al., 2004), tal y como expondremos a continuación.

La eficacia del ejercicio para la mejora de la marcha en personas mayores está apoyada por estudios presentados en diversas revisiones (Latham, et al., 2004; Lopopolo, et al., 2006; Mian, et al., 2007). Intervenciones que incluyen contenidos de fuerza muscular mejoran la marcha, y se esperan mayores beneficios en intervenciones que además incluyan otro tipo de ejercicios como de equilibrio, de coordinación o aeróbico (Mian, et al., 2007). Lopopolo et al. (2006) realizaron un meta-análisis focalizado en personas mayores que vivían independientemente en la comunidad y encontraron que más de tres cuartas partes de los estudios revisados informaron de mejoras en la máxima velocidad de marcha. Además, hay estudios con intervenciones específicas caminando que encontraron mejoras en la velocidad de marcha de personas mayores, como por ejemplo el estudio de Malatesta, Simar, Saad, Prefaut y Caillaud (2010), que incluía siete semanas de ejercicio caminando y encontraron mejoras del 12% en la velocidad de marcha.

Las ganancias de fuerza mediante intervenciones de ejercicio son ampliamente conocidas, tal y como muestran los estudios revisados por Latham et al. (2004). Según los autores de otra revisión (Vogel, et al., 2009), se pueden obtener mejoras del 10-180% de la fuerza muscular gracias a la actividad física en personas mayores, tanto en mayores jóvenes como en muy mayores. Según los mismos autores, esta ganancia es comparable con un “rejuvenecimiento” de 10-20 años de edad (Vogel, et al., 2009). La fuerza muscular en personas mayores es comúnmente valorada en extremidad inferior mediante la fuerza de extensores de rodilla (Buchner, et al., 1997; Cress, et al., 1999; Giné-Garriga, Guerra, Pagès, et al., 2010; Lord, et al., 1995; Protas & Tissier, 2009; Rooks, et al., 1997; Sipilä, et al., 1996) y en extremidad superior mediante la fuerza de prensión de mano (Cress, et al., 1999; Rooks, et al., 1997; Serra-Rexach, et al., 2011).

En referencia al equilibrio, existe cierta controversia acerca de los efectos de intervenciones de ejercicio. Aunque numerosas intervenciones de estudios incluidos en diversas revisiones han producido mejoras del equilibrio, otros tantos encontraron ausencia de mejoras (Howe, et al., 2007; Orr, et al., 2008; Rydwik, et al., 2004). Según los autores de dos revisiones sistemáticas (Howe, et al., 2007; Orr, et al., 2008), parece

que cuando se diseñan intervenciones de ejercicio específicas con el propósito de mejorar el equilibrio en personas mayores suelen tener éxito. No obstante, existen estudios con intervenciones de ejercicio físico que no encontraron mejoras en el equilibrio de los participantes, como por ejemplo el estudio de Bellew, Yates y Gater (2003).

Las intervenciones que son más tradicionales, cuando incluyen diversos contenidos pueden mejorar aspectos relacionados con la funcionalidad física, como la marcha, la fuerza o el equilibrio. Es posible que otros tipos de intervenciones, como con la presencia de un caballo, produzcan mayores mejoras en personas mayores, pero no existe suficiente evidencia como para afirmarlo. Consecuentemente, el primer objetivo de este capítulo fue investigar los efectos que producen dos intervenciones distintas de ejercicio físico en variables generales, máxima velocidad de marcha, fuerza máxima isométrica de ambas extremidades y equilibrio en personas mayores. El segundo objetivo fue analizar la retención de los efectos producidos por las intervenciones de ejercicio físico tradicional y de ejercicio físico con caballo en la funcionalidad física de las personas mayores.

III.2. Métodos

III.2.1. Participantes

Los participantes de este estudio constituyen un subgrupo que procede de la muestra del capítulo anterior. Se puede consultar con más detalle el proceso de reclutamiento y los criterios de inclusión/exclusión en la sección II.2.1 del capítulo II. 55 personas mayores sanas participaron en el estudio (40 mujeres de 70.2 ± 6.3 años de edad y 15 hombres de 77.1 ± 5.7 años de edad). Los participantes fueron distribuidos aleatoriamente en tres grupos mediante un procedimiento de randomización estratificada con el programa R v.2.6.1 (© 2007 de la R Foundation for Statistical Computing), concretamente el módulo "*the blockrand package*". La muestra se estratificó en función de tres variables: género (hombre y mujer), edad (<72 años y ≥ 72 años) y velocidad de marcha (<1.6515 m/s y ≥ 1.6515 m/s).

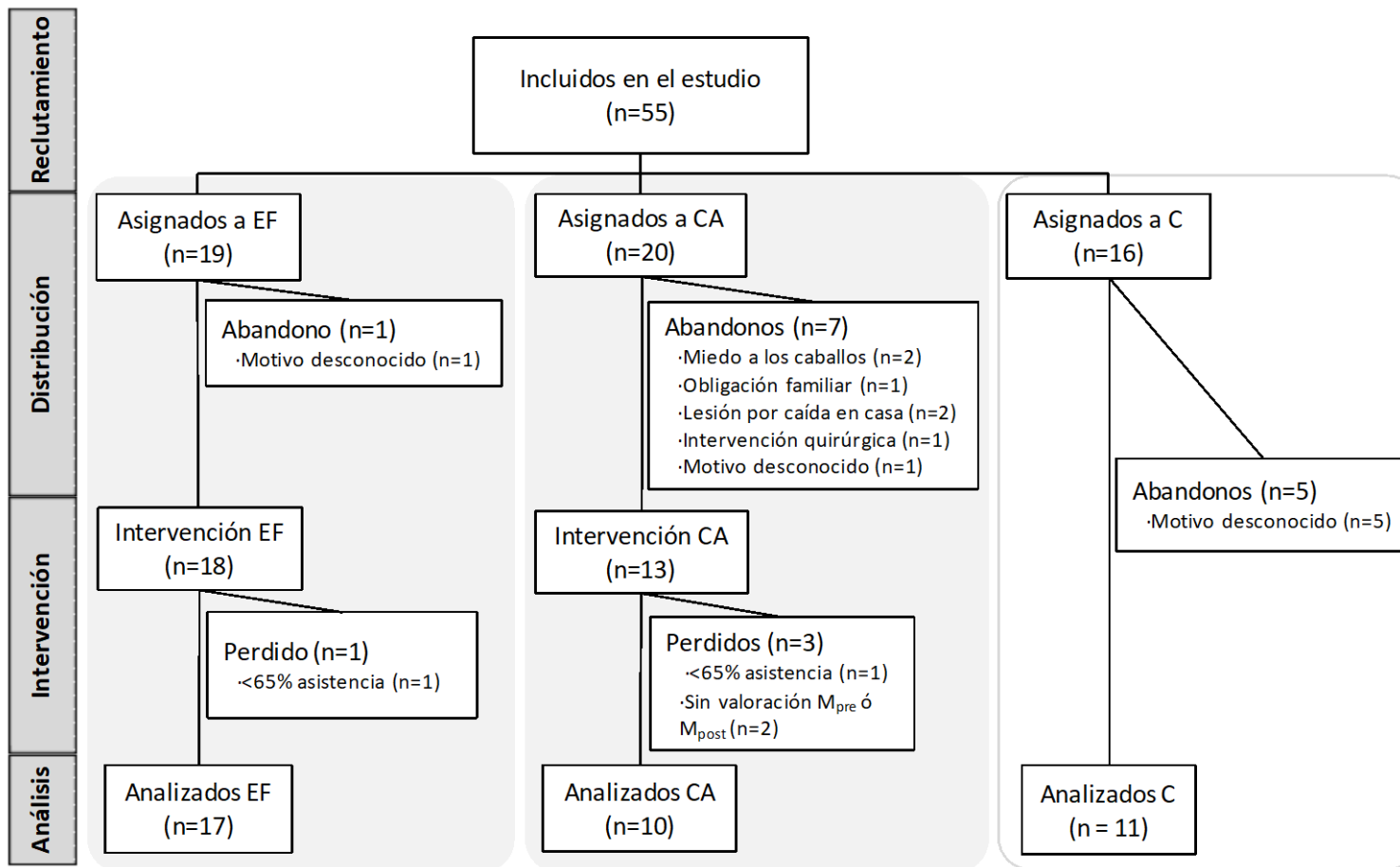


Figura III-1. Diagrama de flujo de los participantes del estudio.

19 participantes formaron el grupo experimental I (grupo de ejercicio físico tradicional -EF-), 20 participantes formaron el grupo experimental II (grupo de ejercicio físico con caballos -CA-) y 16 participantes formaron el grupo control (C). 14 participantes abandonaron el estudio por diversas razones (1 de EF, 7 de CA y 5 de C), 4 participantes no fueron incluidos en el análisis estadístico (1 de EF y 3 de CA). Finalmente los datos de 38 participantes fueron analizados (ver Figura III-1).

III.2.2. Equipamiento

El instrumental utilizado fue el siguiente: (i) cuatro células fotoeléctricas, (ii) un cronómetro manual, (iii) un dinamómetro CYBEX 6000 para la valoración de fuerza de extensores de rodilla, (iv) un dinamómetro JAMAR J00105 de SAMMONS PRESTON para la valoración de prensión de mano, (v) una plataforma de fuerzas (Dinascan 600 – IBV) para el análisis del equilibrio y (vi) una báscula tallímetro Seca 780/783. Para ampliar la información referente al equipamiento se puede consultar la sección II.2.3 del capítulo anterior.

III.2.3. Procedimiento

Los participantes fueron evaluados en la línea base (M_{pre}) entre marzo y abril del 2008, a las 12 semanas (M_{post}) y a las 16 semanas (M_{seg}) tal y como muestra la Figura III-2. M_{post} fue el momento de valoración realizada después de la intervención y M_{seg} el momento de valoración de seguimiento, realizada 4 semanas después de haber finalizado la intervención. En cada momento de valoración se recopiló información general (datos personales, antropométricos y nivel de actividad física), el historial médico y valoraciones biomecánicas que incluyen la velocidad de marcha, la fuerza muscular y el equilibrio. El procedimiento más detallado se puede consultar en el capítulo anterior, en la sección II.2.2. Los investigadores que realizaron las valoraciones permanecieron ciegos sobre el propósito del estudio y la asignación del grupo de cada participante.

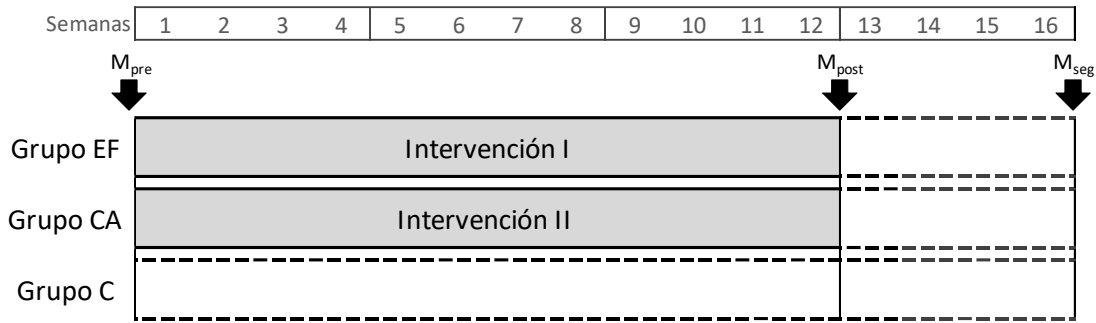


Figura III-2. Esquema temporal de los momentos de las valoraciones de toda la muestra distribuida por grupos. M_{pre} es el momento inicial (pre-intervención), M_{post} es el momento post-intervención y M_{seg} es el momento de seguimiento (al cabo de cuatro semanas de haber finalizado la intervención).

III.2.4. Valoración

Ver capítulo II para ampliación de información (sección II.2.4).

III.2.4.1. Marcha

La máxima velocidad de marcha se midió en una distancia fija de 16 metros de longitud mediante un sistema de células fotoeléctricas. Cada participante hizo tres intentos.

III.2.4.2. Fuerza

Se midió la máxima fuerza isométrica de extensores de rodilla y de prensión de mano, de ambas extremidades por separado. En primer lugar la fuerza de la pierna derecha (bajo dos condiciones de flexión de rodilla: 60° y 90°), en segundo lugar la fuerza de la pierna izquierda (bajo las mismas dos condiciones), en tercer lugar la fuerza de prensión de mano derecha y en cuarto lugar la de la mano izquierda. Cada participante realizó tres intentos y cada intento duraba un periodo máximo de cinco segundos. Se estableció un descanso de 30 segundos entre intentos.

III.2.4.3. Equilibrio

En los momentos M_{pre} , M_{post} y M_{seg} cada participante se situó sobre la plataforma de fuerzas en bipedestación, con los pies paralelos y con una separación confortable escogida por el propio participante. El trazo de los pies del participante fue dibujado

sobre un adhesivo colocado previamente sobre la plataforma y que sirvió para la medición de la base de sustentación (BdS). Dicho cálculo de la BdS en los ejes antero-posterior (AP) y medio-lateral (ML) se realizó como se detalla en la sección II.2.5.3 del capítulo II. Para poder comparar las medidas de equilibrio en M_{pre} , M_{post} y M_{seg} bajo la misma BdS, los participantes debían mantener la misma BdS de M_{pre} cuando se realizaron las medidas de M_{post} y M_{seg} , por lo que para la valoración del equilibrio colocaron los pies exactamente como el adhesivo de M_{pre} . El CdP fue computado a través de la plataforma de fuerzas con una frecuencia de señal de 500 Hz. Se realizaron tres intentos para cada condición con un registro de 20 segundos por intento. Las condiciones fueron las siguientes: (i) en bipedestación con ojos abiertos (OA); (ii) en bipedestación con ojos cerrados (OC); y (iii) en bipedestación con carga cognitiva (ver sección II.2.4.3 del capítulo II, para más detalles). El orden de las condiciones fue aleatorio.

III.2.5. Protocolo en intervención

Se diseñaron dos protocolos de entrenamiento de 12 semanas de duración, uno para el grupo de ejercicio físico tradicional y otro para el de ejercicio físico con caballo. El promedio de adherencia al ejercicio de los participantes durante las intervenciones fue del 86% (DE=10.9, rango: 67.6-100.0%), y ninguno de los participantes analizados asistió a menos del 65% de las sesiones. La programación de ambas intervenciones las realizaron licenciados expertos en ejercicio físico para personas mayores que permanecieron ciegos al proceso de valoración de los participantes así como al instrumental de medición. Las intervenciones se realizaron siguiendo las recomendaciones de volumen, intensidad y frecuencia de la ACSM y la AHA y bajo la supervisión del equipo de investigación. Los participantes de ambas intervenciones entrenaron con una frecuencia de 3 sesiones semanales en días no consecutivos (lunes, miércoles y viernes) y una duración de 60 minutos por sesión. Las sesiones de ambas intervenciones tuvieron una orientación global y lúdica. Cada sesión se estructuró en parte inicial, parte principal y parte final. La parte inicial constaba de una explicación a los participantes de la orientación de los contenidos de la sesión y un

calentamiento apropiado para el desarrollo de la siguiente parte. La parte principal es donde se desarrollaron los objetivos de la sesión mediante contenidos similares aunque con ejercicios distintos en ambas intervenciones. La parte final constaba de una disminución de la intensidad de las tareas y podía estar compuesto por contenidos de relajación, de flexibilidad o sociales. La intervención de ejercicio tradicional se desarrolló entre el 21 de abril y el 18 de julio y la de ejercicio con caballo entre el 2 de junio y el 22 de agosto del 2008.

III.2.5.1. Intervención de ejercicio físico tradicional

El programa de ejercicio físico tradicional incluía ejercicios para la mejora de la capacidad motriz, tanto desde una perspectiva más física (capacidad cardio-respiratoria, fuerza y resistencia muscular y flexibilidad) como desde una perspectiva más perceptiva (conciencia corporal, equilibrio, coordinación fina y gruesa, estructuración espacio-temporal y capacidad de reacción). No obstante, la distribución de los contenidos se hizo principalmente en base a las capacidades más físicas. En cada sesión habían contenidos de movilidad articular, de capacidad cardio-respiratoria y de fuerza resistencia. Los contenidos de movilidad articular se incluían normalmente en la parte inicial. La capacidad cardio-respiratoria se trabajó como mínimo un día semanal como contenido principal durante 30 minutos, de los cuales entre 10-15 minutos eran de intensidad vigorosa y el resto a nivel moderado. Los otros dos días semanales se trabajó la capacidad cardio-respiratoria con una carga de entre 15 y 20 minutos a una intensidad moderada. Los contenidos de fuerza resistencia fueron orientados un día a la semana al refuerzo de la faja abdominal, otro día a extremidades superiores y otro a extremidades inferiores. Además, 2 días a la semana se incluyeron estiramientos específicos relacionados con la salud de la espalda. También se incluyeron contenidos más perceptivos, pero no atendiendo a una planificación en concreto.

III.2.5.2. Intervención de ejercicio físico con caballo

Los contenidos trabajados en las sesiones del programa CA fueron los mismos que en el programa EF, aunque trabajados con ejercicios distintos, puesto que se realizaba con la presencia del caballo. Tanto la parte inicial como la parte final de las sesiones de ejercicio físico con caballo se realizaban con el animal. En la parte principal los participantes realizaban inicialmente tareas de cuidado del animal que comportaba la implicación global del cuerpo con pie a tierra. Un ejemplo de este tipo de tareas podría ser el almohazar al caballo, que consiste en limpiarlo desde cabeza a patas mediante el uso de una rascadera y haciendo que el participante deba ejercitar todo el cuerpo. Después se realizaban ejercicios con el caballo, tanto pie a tierra (e.g. caminar por un circuito junto al caballo) como a lomos del caballo, el cual se cabalga totalmente a pelo.

III.2.6. Reducción de datos y variables

El nombre de las variables que se utilizarán en el presente capítulo con su descripción y su correspondiente unidad de medida se puede consultar en la Tabla III-1.

III.2.6.1. Marcha

Generamos una variable final para cada momento de la valoración que consistía en el mejor de los tres intentos.

III.2.6.2. Fuerza

Generamos variables finales para cada momento de la valoración que consistía en el mejor de los intentos (tanto para la fuerza de extensores de rodilla como para la prensión de mano). De cada una de estas variables generamos otra variable normalizada con respecto a la masa corporal de cada participante cuya nomenclatura puede consultarse en la Tabla III-1.

III.2.6.3. Equilibrio

El centro de presiones (CdP) lo computamos a través del software de la plataforma de fuerzas. Los datos obtenidos los tratamos en un programa específico de Matlab 7.0.1.

Las variables de todas las valoraciones las normalizamos con respecto a la BdS de cada participante en M_{pre} en ambos ejes (AP y ML). Después de examinar que no existía un proceso de aprendizaje a través de los intentos de cada valoración (i.e. ANOVA de una vía no significativa, datos no presentados) generamos variables finales que consistían en el promedio de los tres intentos, cuya nomenclatura puede consultarse en la misma Tabla III-1.

Tabla III-1. Variables generadas

	Unidades	Descripción de variables
Variables generales		
Masa	Kg	Masa corporal
IMC	Kg / m ²	Índice de masa corporal
Nivel AF	#	Nivel de actividad física
Máxima velocidad de marcha		
Vmarcha (m/s)	m / s	Máxima velocidad de marcha
Fuerza máxima isométrica		
Fmax60R	Nm / Kg·100	Fuerza de extensores de rodilla a 60º normalizada por peso
Fmax90R	Nm / Kg·100	Fuerza de extensores de rodilla a 90º normalizada por peso
Hand	Kg	Fuerza de presión de mano
Equilibrio (CdP)		
BdS_AP	m	Base de sustentación en eje antero-posterior
Tray_AP (mm)	mm	Trayectoria del CdP en eje antero-posterior
Maxd_AP (mm)	mm	Distancia máxima del CdP en eje antero-posterior
Pvel_AP (mm/s)	mm / s	Pico de velocidad del CdP en eje antero-posterior
var_AP (mm)	mm	Variabilidad del CdP en eje antero-posterior
BdS_ML	m	Base de sustentación en eje medio-lateral
Tray_ML (mm)	mm	Trayectoria del CdP en eje medio-lateral
Maxd_ML (mm)	mm	Distancia máxima del CdP en eje medio-lateral
Pvel_ML (mm/s)	mm / s	Pico de velocidad del CdP en eje medio-lateral
var_ML (mm)	mm	Variabilidad del CdP en eje medio-lateral
ratio_APML (-)	-	Maxd_AP / Maxd_ML

Nota. CdP: centro de presiones

III.2.7. Análisis estadístico

Los datos los analizamos usando el SPSS para Windows (versión 15.0). La normalidad de la distribución de cada variable la comprobamos mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov y las variables que no se ajustaban a la normalidad las transformamos.

Utilizamos estadísticos descriptivos apropiados para las variables generales, de marcha, de fuerza y de equilibrio. Utilizamos la media y la desviación estándar para la descripción de cada variable.

Para examinar si variables generales debían ser incluidas como covariables en los análisis de varianza comprobamos las diferencias pre-intervención de las potenciales covariables entre grupos mediante un ANOVA de una vía y correlaciones de dichas variables con las variables dependientes de interés (Raab, Day, & Sales, 2000). Dos variables mostraron diferencias entre grupos en pre-intervención: la masa corporal ($p=.007$) y el índice de masa corporal ($p=.017$). No obstante dichas variables no las incluimos como covariables debido a la inexistente relación con las variables dependientes ($p=ns$).

Con el fin de determinar los efectos del grupo y/o del momento en las variables generales, de marcha y de fuerza muscular realizamos un ANOVA 3 (grupo: EF, CA, C) x 3 (momento: pre-intervención, post-intervención, seguimiento) con medidas repetidas en el factor momento. Para además conocer el efecto de la condición de equilibrio realizamos un ANOVA 3 (grupo) x 3 (momento) x 3 (condiciones: OA, OC, CC) con medidas repetidas en los factores momento y condición en las variables de equilibrio.

Tanto para los ANOVAs de dos factores como para los de tres factores realizamos análisis más focalizados cuando las interacciones fueron significativas, calculamos el tamaño del efecto (η^2) y realizamos comparaciones post hoc y/o comparaciones planeadas cuando fue necesario. El valor de p lo ajustamos mediante el método de Bonferroni. Los resultados los consideramos estadísticamente significativos cuando $p<.05$ y con tendencia a la significancia cuando $p<.10$.

III.3. Resultados

Los resultados presentados en este capítulo provienen de los análisis realizados con el fin de detectar los posibles efectos y su retención a corto plazo de dos intervenciones distintas de ejercicio físico sobre las variables generales, de velocidad de marcha, de fuerza y de equilibrio bajo tres condiciones (OA, OC y CC) en nuestra muestra de personas mayores sanas. Los presentamos estructurados en tres secciones: i) una

primera que aporta los datos descriptivos por grupos y momentos para todas las variables; ii) una segunda que muestra los efectos de grupo y/o momento para las variables generales, la marcha y la fuerza muscular; iii) y una tercera que muestra los efectos de grupo, momento y/o condición para las variables de equilibrio.

III.3.1. Descriptiva por grupos y momentos

La media y la desviación estándar de todas las variables se presentan organizadas por grupo (intervención EF, intervención CA y control) y por momento (pre-intervención, post-intervención y seguimiento). Las variables generales y la velocidad de marcha se pueden consultar en la Tabla III-2, las variables de fuerza muscular en la Tabla III-3 y las variables de equilibrio en la Tabla III-4a para el grupo de intervención EF, en la Tabla III-4b para el grupo de intervención CA y en la Tabla III-4c para el grupo control.

Tabla III-2. Descriptiva de las variables generales y la velocidad de marcha por momentos y por grupos

Grupo	Momento					
	Pre-intervención		Post-intervención		Seguimiento	
Intervención EF (n=17)						
Masa corporal (Kg)	75.0 ±	9.8	73.1 ±	9.3	73.4 ±	9.4
Índice de masa corporal (Kg/m ²)	30.4 ±	3.5	29.6 ±	3.2	29.8 ±	3.2
Nivel de actividad física	88.3 ±	46.4	99.5 ±	37.1	106.6 ±	42.5
Velocidad de marcha (m/s)	1.76 ±	0.25	1.83 ±	0.26	1.75 ±	0.29
Intervención CA (n=10)						
Masa corporal (Kg)	62.7 ±	8.9	60.2 ±	8.9	61.3 ±	8.5
Índice de masa corporal (Kg/m ²)	26.3 ±	2.2	25.2 ±	2.2	25.7 ±	2.1
Nivel de actividad física	77.0 ±	55.0	103.0 ±	52.4	97.3 ±	46.8
Velocidad de marcha (m/s)	1.61 ±	0.22	1.75 ±	0.16	1.71 ±	0.30
Control (n=11)						
Masa corporal (Kg)	76.6 ±	12.6	75.9 ±	13.2	75.7 ±	13.1
Índice de masa corporal (Kg/m ²)	29.7 ±	4.3	29.4 ±	4.4	29.3 ±	4.4
Nivel de actividad física	104.1 ±	42.0	104.7 ±	23.2	134.3 ±	24.1
Velocidad de marcha (m/s)	1.68 ±	0.11	1.65 ±	0.13	1.72 ±	0.17

Nota. Los valores son la media ± desviación estándar.

Tabla III-3. Descriptiva de las variables de fuerza muscular máxima isométrica, por momentos y por grupos

Grupo	Momento		
	Pre-intervención	Post-intervención	Seguimiento
Intervención EF (n=12)			
Extensores de rodilla (Nm/Kg·100)			
Flexión rodilla: 60 grados	139.78 ± 53.98	155.49 ± 51.00	140.93 ± 47.82
Flexión rodilla: 90 grados	139.30 ± 53.75	169.35 ± 59.96	167.42 ± 61.21
Prensión de mano (%)	25.85 ± 7.11	33.17 ± 7.20	27.73 ± 9.25
Intervención CA (n=9)			
Extensores de rodilla (Nm/Kg·100)			
Flexión rodilla: 60 grados	143.19 ± 39.60	161.11 ± 39.04	150.00 ± 44.94
Flexión rodilla: 90 grados	140.79 ± 32.09	176.38 ± 34.82	156.39 ± 40.58
Prensión de mano (%)	30.14 ± 6.56	31.14 ± 5.06	28.87 ± 8.57
Control (n=11)			
Extensores de rodilla (Nm/Kg·100)			
Flexión rodilla: 60 grados	143.42 ± 31.38	138.93 ± 25.20	141.41 ± 26.29
Flexión rodilla: 90 grados	151.85 ± 43.34	150.27 ± 42.19	160.33 ± 41.42
Prensión de mano (%)	29.70 ± 8.03	33.54 ± 5.88	28.24 ± 9.24

Nota. Los valores son la media ± desviación estándar. Valores normalizados según la masa corporal del participante.

Tabla III-4a. Descriptiva de las variables de equilibrio del grupo de intervención de ejercicio físico tradicional (n=12) por momentos y condiciones

	Momento					
	Pre-intervención		Post-intervención		Seguimiento	
	Eje AP	Eje ML	Eje AP	Eje ML	Eje AP	Eje ML
Base de sustentación (m)	0.251 ± 0.016	0.293 ± 0.036	0.251 ± 0.017	0.287 ± 0.023	0.254 ± 0.015	0.280 ± 0.028
Ojos abiertos						
Trayectoria (mm)	0.523 ± 0.186	0.272 ± 0.143	0.531 ± 0.157	0.275 ± 0.142	0.525 ± 0.164	0.279 ± 0.139
Máxima distancia (mm)	0.063 ± 0.018	0.035 ± 0.019	0.062 ± 0.018	0.038 ± 0.020	0.064 ± 0.015	0.038 ± 0.024
Pico de velocidad (mm/s)	0.129 ± 0.039	0.068 ± 0.033	0.132 ± 0.038	0.074 ± 0.032	0.123 ± 0.036	0.071 ± 0.029
Variabilidad (mm)	0.014 ± 0.004	0.007 ± 0.004	0.013 ± 0.005	0.008 ± 0.005	0.014 ± 0.003	0.009 ± 0.006
Ratio máximas distancias	2.326 ± 1.544		2.069 ± 1.172		2.160 ± 1.247	
Ojos cerrados						
Trayectoria (mm)	0.757 ± 0.363	0.355 ± 0.178	0.766 ± 0.316	0.328 ± 0.168	0.687 ± 0.249	0.349 ± 0.199
Máxima distancia (mm)	0.079 ± 0.020	0.041 ± 0.022	0.079 ± 0.029	0.041 ± 0.027	0.076 ± 0.019	0.044 ± 0.024
Pico de velocidad (mm/s)	0.189 ± 0.094	0.090 ± 0.044	0.192 ± 0.083	0.081 ± 0.039	0.174 ± 0.065	0.100 ± 0.089
Variabilidad (mm)	0.017 ± 0.004	0.009 ± 0.005	0.017 ± 0.006	0.009 ± 0.006	0.015 ± 0.004	0.009 ± 0.005
Ratio máximas distancias	2.494 ± 1.512		2.358 ± 1.030		2.345 ± 1.453	
Carga cognitiva						
Trayectoria (mm)	0.769 ± 0.310	0.366 ± 0.141	0.786 ± 0.235	0.382 ± 0.165	0.724 ± 0.226	0.363 ± 0.135
Máxima distancia (mm)	0.089 ± 0.044	0.051 ± 0.022	0.087 ± 0.038	0.052 ± 0.028	0.084 ± 0.025	0.051 ± 0.021
Pico de velocidad (mm/s)	0.208 ± 0.096	0.099 ± 0.045	0.211 ± 0.091	0.098 ± 0.046	0.178 ± 0.059	0.094 ± 0.039
Variabilidad (mm)	0.020 ± 0.015	0.011 ± 0.004	0.017 ± 0.007	0.011 ± 0.006	0.017 ± 0.005	0.011 ± 0.005
Ratio máximas distancias	2.076 ± 1.149		2.106 ± 1.194		2.031 ± 1.045	

Nota. Los valores son la media ± desviación estándar. Valores normalizados según la base de sustentación de cada participante.

Tabla III-4b. Descriptiva de las variables de equilibrio del grupo de intervención de ejercicio físico con caballo (n=9) por momentos y condiciones

	Momento					
	Pre-intervención		Post-intervención		Seguimiento	
	Eje AP	Eje ML	Eje AP	Eje ML	Eje AP	Eje ML
Base de sustentación (m)	0.247 ± 0.010	0.280 ± 0.033	0.249 ± 0.012	0.259 ± 0.033	0.247 ± 0.011	0.285 ± 0.036
Ojos abiertos						
Trayectoria (mm)	0.542 ± 0.142	0.324 ± 0.194	0.521 ± 0.179	0.285 ± 0.101	0.539 ± 0.116	0.282 ± 0.119
Máxima distancia (mm)	0.072 ± 0.034	0.048 ± 0.041	0.066 ± 0.020	0.040 ± 0.017	0.069 ± 0.018	0.044 ± 0.025
Pico de velocidad (mm/s)	0.154 ± 0.083	0.116 ± 0.111	0.127 ± 0.052	0.078 ± 0.027	0.147 ± 0.036	0.075 ± 0.027
Variabilidad (mm)	0.016 ± 0.008	0.009 ± 0.007	0.015 ± 0.005	0.008 ± 0.004	0.015 ± 0.005	0.009 ± 0.005
Ratio máximas distancias	2.092 ± 1.161		1.980 ± 0.968		1.973 ± 0.773	
Ojos cerrados						
Trayectoria (mm)	0.784 ± 0.353	0.438 ± 0.324	0.803 ± 0.453	0.387 ± 0.147	0.725 ± 0.403	0.394 ± 0.158
Máxima distancia (mm)	0.090 ± 0.041	0.068 ± 0.075	0.090 ± 0.031	0.051 ± 0.025	0.077 ± 0.022	0.055 ± 0.031
Pico de velocidad (mm/s)	0.232 ± 0.168	0.134 ± 0.139	0.204 ± 0.129	0.105 ± 0.044	0.186 ± 0.088	0.101 ± 0.041
Variabilidad (mm)	0.018 ± 0.008	0.016 ± 0.021	0.019 ± 0.006	0.011 ± 0.006	0.017 ± 0.005	0.013 ± 0.008
Ratio máximas distancias	1.885 ± 0.724		1.990 ± 0.907		1.770 ± 0.791	
Carga cognitiva						
Trayectoria (mm)	0.856 ± 0.347	0.497 ± 0.301	0.782 ± 0.255	0.394 ± 0.180	0.746 ± 0.217	0.393 ± 0.183
Máxima distancia (mm)	0.108 ± 0.065	0.072 ± 0.055	0.091 ± 0.062	0.053 ± 0.026	0.097 ± 0.042	0.061 ± 0.035
Pico de velocidad (mm/s)	0.222 ± 0.119	0.135 ± 0.098	0.208 ± 0.095	0.102 ± 0.057	0.231 ± 0.111	0.126 ± 0.055
Variabilidad (mm)	0.023 ± 0.015	0.016 ± 0.012	0.019 ± 0.015	0.011 ± 0.006	0.021 ± 0.009	0.013 ± 0.007
Ratio máximas distancias	1.815 ± 0.392		1.820 ± 0.750		1.834 ± 0.546	

Nota. Los valores son la media ± desviación estándar. Valores normalizados según la base de sustentación de cada participante.

Tabla III-4c. Descriptiva de las variables de equilibrio del grupo control (n=11) por momentos y condiciones

	Momento					
	Pre-intervención		Post-intervención		Seguimiento	
	Eje AP	Eje ML	Eje AP	Eje ML	Eje AP	Eje ML
Base de sustentación (m)	0.261 ± 0.014	0.284 ± 0.052	0.261 ± 0.015	0.291 ± 0.037	0.259 ± 0.013	0.274 ± 0.043
Ojos abiertos						
Trayectoria (mm)	0.524 ± 0.127	0.309 ± 0.164	0.464 ± 0.168	0.255 ± 0.099	0.472 ± 0.125	0.285 ± 0.138
Máxima distancia (mm)	0.056 ± 0.012	0.046 ± 0.035	0.056 ± 0.016	0.035 ± 0.019	0.055 ± 0.012	0.045 ± 0.032
Pico de velocidad (mm/s)	0.119 ± 0.022	0.084 ± 0.051	0.115 ± 0.052	0.069 ± 0.029	0.111 ± 0.027	0.080 ± 0.050
Variabilidad (mm)	0.013 ± 0.003	0.009 ± 0.008	0.012 ± 0.004	0.007 ± 0.004	0.012 ± 0.003	0.010 ± 0.007
Ratio máximas distancias	1.698 ± 0.822		2.028 ± 0.930		1.811 ± 1.020	
Ojos cerrados						
Trayectoria (mm)	0.675 ± 0.204	0.378 ± 0.186	0.659 ± 0.166	0.352 ± 0.164	0.687 ± 0.164	0.365 ± 0.160
Máxima distancia (mm)	0.084 ± 0.018	0.055 ± 0.032	0.077 ± 0.017	0.046 ± 0.030	0.082 ± 0.022	0.055 ± 0.041
Pico de velocidad (mm/s)	0.169 ± 0.057	0.087 ± 0.039	0.163 ± 0.034	0.100 ± 0.045	0.173 ± 0.042	0.102 ± 0.048
Variabilidad (mm)	0.017 ± 0.004	0.012 ± 0.007	0.016 ± 0.004	0.010 ± 0.007	0.017 ± 0.005	0.012 ± 0.009
Ratio máximas distancias	1.971 ± 0.875		2.359 ± 1.292		2.136 ± 1.251	
Carga cognitiva						
Trayectoria (mm)	0.735 ± 0.177	0.415 ± 0.180	0.746 ± 0.223	0.453 ± 0.213	0.789 ± 0.241	0.410 ± 0.177
Máxima distancia (mm)	0.072 ± 0.017	0.057 ± 0.029	0.079 ± 0.031	0.063 ± 0.033	0.085 ± 0.033	0.058 ± 0.024
Pico de velocidad (mm/s)	0.185 ± 0.057	0.105 ± 0.039	0.181 ± 0.074	0.117 ± 0.056	0.198 ± 0.099	0.096 ± 0.049
Variabilidad (mm)	0.014 ± 0.003	0.013 ± 0.007	0.016 ± 0.005	0.013 ± 0.007	0.017 ± 0.007	0.011 ± 0.005
Ratio máximas distancias	1.645 ± 0.883		1.497 ± 0.606		1.662 ± 0.612	

Nota. Los valores son la media ± desviación estándar. Valores normalizados según la base de sustentación de cada participante.

III.3.2. Efectos de grupo y/o momento en las variables generales, la marcha y la fuerza

A continuación vamos a exponer los resultados del ANOVA de dos factores para las variables generales, la velocidad de marcha y las variables de fuerza; comenzando por aquellas que presentaron interacciones significativas entre los dos factores (grupo × momento) con sus respectivos análisis focalizados, seguidas de las que presentaron efectos principales del factor momento (M) y/o del factor grupo (G) con sus respectivas comparaciones post hoc o sus comparaciones planeadas (ver Tabla III-5).

Tabla III-5. Resultados del ANOVA 3x3 de las variables generales, marcha y fuerza muscular

	Interacción G×M		M		G	
	sig (p)	análisis focalizado	sig (p)	post hoc	sig (p)	post hoc
Variables generales						
Masa corporal	-	-	<.001	pre>post, seg	0.005	CA < EF , C
Índice de masa corporal	-	-	<.001	pre>post, seg	0.010	CA < EF
Nivel de actividad física	-	-	0.021	pre<seg	-	-
Velocidad de marcha	0.036	CA: pre<post	0.062	pre<post	-	-
Fuerza muscular						
Extensores de rodilla 60°	0.090	EF: pre<post>seg CA: pre<post	0.023	pre<post>seg	-	-
Extensores de rodilla 90°	0.013	EF: pre<post,seg CA: pre<post	<.001	pre<post,seg	-	-
Prensión de mano	0.047	EF: pre<post>seg C: pre<post>seg	<.001	pre<post>seg	-	-

Nota. Únicamente variables con significancia o tendencia a la significancia. G: grupo (EF: intervención de ejercicio físico tradicional, CA: intervención ejercicio con caballo, C: control). M: momento (pre: pre-intervención, post: post-intervención, seg: seguimiento).

El ANOVA 3(G)×3(M) mostró interacciones significativas en tres variables: velocidad de marcha, fuerza de extensores de rodilla a 90° y fuerza de prensión de mano ($F_{4,70}=2.74$, $p=.036$, $\eta^2=.139$; $F_{4,58}=3.48$, $p=.013$, $\eta^2=.199$; $F_{4,66}=2.55$, $p=.047$, $\eta^2=.134$; respectivamente) y tendencia a la significancia en la fuerza de extensores de rodilla a 60° ($F_{4,58}=2.12$, $p=.090$, $\eta^2=.132$). Los análisis focalizados mostraron como la interacción de la velocidad de marcha se explicó por los cambios en el grupo CA, que aumentó significativamente en la post-intervención en comparación a la pre-intervención (7.90%), mientras que EF y C no mostraron cambios significativos (ver Figura III-3, sección A).

La interacción de la fuerza de extensores de rodilla a 90° se explicó por los cambios significativos en los dos grupos de intervención (EF y CA), que aumentaron significativamente en la post-intervención en comparación a la pre-intervención (17.74% en EF y 20.18% en CA); además, la fuerza del grupo EF en el seguimiento fue mayor que en la pre-intervención (16.80%). En el grupo C no se encontró ningún cambio estadísticamente significativo para la fuerza de extensores de rodilla (ver Figura III-3, sección B). La tendencia a la interacción G×M de la fuerza de extensores de rodilla a 60° se explicó por el aumento de la fuerza entre pre-intervención y post-intervención de ambos grupos de intervención (10.10% en EF y 11.13% en CA) y la disminución entre post-intervención y seguimiento del grupo EF (10.33%), mientras que el grupo C no presentó cambio (ver Figura III-3, sección C). La interacción G×M de la fuerza de prensión de mano se explicó por la mayor fuerza en post-intervención que en pre-intervención del grupo EF y del grupo C (22.08% en EF y 11.44% en C). Además, hubo una disminución significativa en el seguimiento en comparación a la post-intervención en los grupos EF y C (19.62% en EF y 18.77% en C), la cual se puede consultar en la sección D de la Figura III-3.

Los dos grupos de intervención se diferenciaron principalmente en que CA aumentó su velocidad de marcha, mientras que EF aumentó su fuerza de prensión de mano con la intervención. Ambos grupos de intervención presentaron similar cambio en la fuerza de extensores de rodilla a 90°.

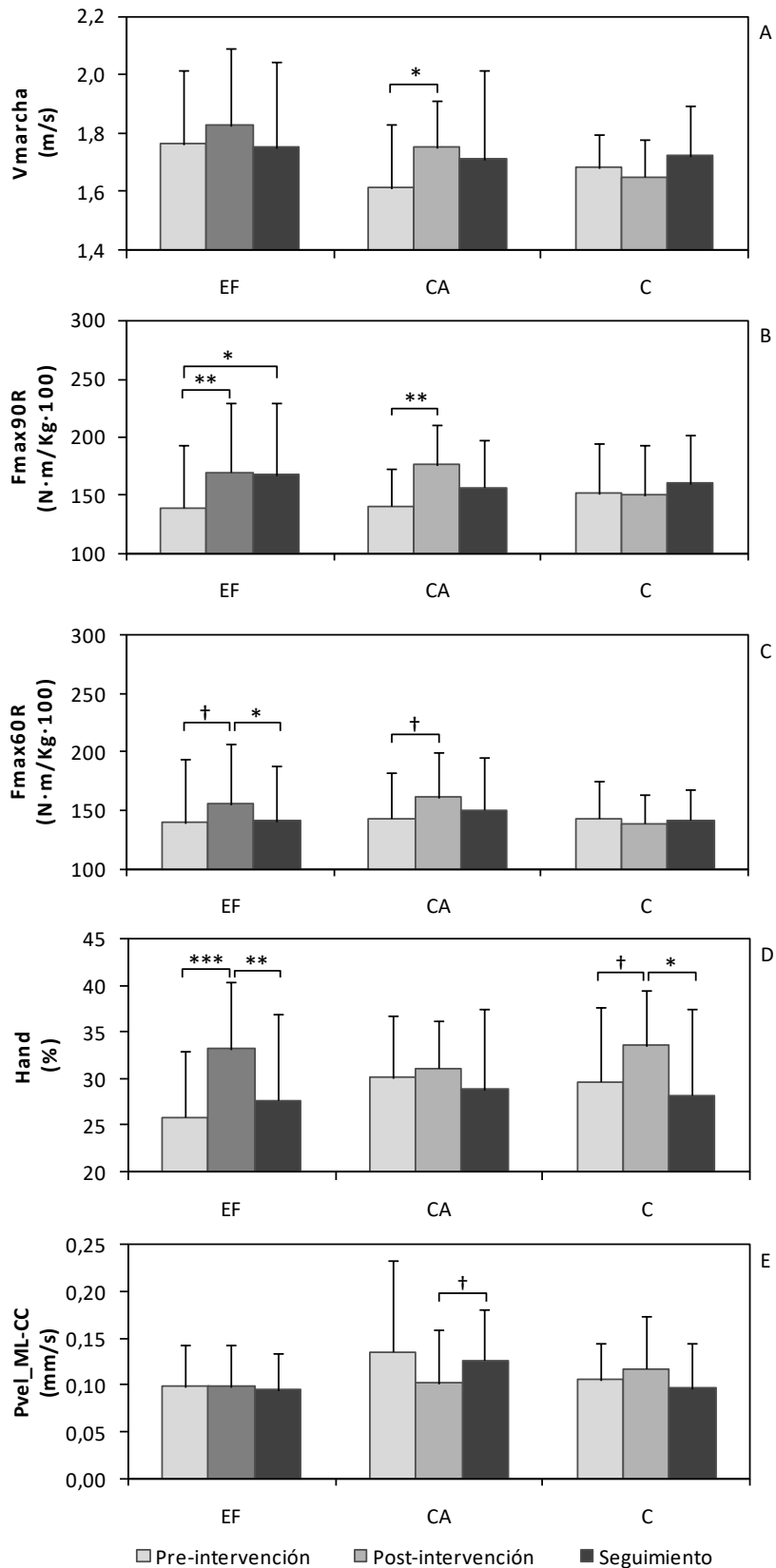


Figura III-3. Media y desviación estándar de las variables: (A) Velocidad de marcha, (B) Fuerza de extensores de rodilla a 90°, (C) Fuerza de extensores de rodilla a 60°, (D) Fuerza de presión de mano y (E) Pico de velocidad en eje medio-lateral con carga cognitiva (ML-CC) por grupo y momento. Significancia estadística de las diferencias: †p<.08, *p<.05, **p<.01, ***p<.001

Una vez descritos los resultados referentes a la interacción (G×M) del ANOVA de dos vías, a continuación se presentan los resultados de los efectos principales del factor momento de las variables generales, de marcha y de fuerza muscular, y más adelante se presentarán los del factor grupo de las mismas variables.

El ANOVA 3×3 mostró efectos principales en el factor momento estadísticamente significativos para todas las variables generales y de fuerza muscular y con tendencia a la significancia para la velocidad de marcha (ver Tabla III-5). Dichas variables fueron: masa corporal ($F_{2,34}= 16.02$, $p<.001$, $\eta^2=.288$), índice de masa corporal ($F_{2,34}= 49.10$, $p<.001$, $\eta^2=.584$), nivel de actividad física ($F_{2,33}= 4.33$, $p=.021$, $\eta^2=.208$), velocidad de marcha ($F_{2,34}= 3.03$, $p=.062$, $\eta^2=.151$), extensores de rodilla a 60° ($F_{2,28}= 4.36$, $p=.023$, $\eta^2=.237$), extensores de rodilla a 90° ($F_{2,28}= 11.19$, $p<.001$, $\eta^2=.444$) y presión de mano ($F_{2,33}= 12.81$, $p<.001$, $\eta^2=.437$). Se encontró un gran tamaño del efecto en todas estas variables y se procedió a la consulta de las comparaciones post hoc, las cuales mostraron como la masa y el índice de masa corporal fueron menores en post-intervención y seguimiento que en pre-intervención ($p<.001$). Los análisis planeados mostraron como los cambios de masa corporal se explican debido a las diferencias en los dos grupos de intervención (EF y CA), los cuales presentaron menor masa en post-intervención y seguimiento que en pre-intervención ($p<.001$), mientras que el grupo C no presentó diferencias. No obstante, los análisis planeados mostraron como los cambios en el IMC del factor momento se explican por los tres grupos, puesto que EF, CA y C presentaron menor IMC en post-intervención y seguimiento que en pre-intervención ($p<.05$). El nivel de actividad física, tal y como mostraron las comparaciones post hoc del factor momento, fue mayor en seguimiento que en pre-intervención ($p=.016$). Según los análisis planeados, los dos grupos de intervención (EF y CA) no presentaron cambio en el nivel de actividad física según el factor momento. En contraste, el grupo C presentó un aumento del nivel de actividad física en seguimiento en comparación a pre-intervención ($p=.078$) y post-intervención ($p=.099$). La tendencia a la significancia de la velocidad de marcha como efecto principal del momento se explicó por el aumento de la misma en post-intervención en comparación a pre-intervención para todos los grupos en conjunto. Los análisis

planeados de velocidad de marcha revelaron un aumento significativo únicamente en el grupo CA entre la pre-intervención y la post-intervención.

Las comparaciones post hoc del factor momento en la fuerza de extensores de rodilla a 60° mostraron como la fuerza aumentó entre pre-intervención y post-intervención ($p=.087$) y disminuyó entre post-intervención y seguimiento ($p=.043$). Los análisis planeados de esta variable revelaron que en los dos grupos de intervención (EF y CA) hubo una tendencia al aumento entre pre-intervención y post-intervención, mientras que en el grupo control no se detectó cambio; además únicamente en CA hubo un descenso significativo entre post-intervención y seguimiento. Las comparaciones post hoc del factor momento en la fuerza de extensores de rodilla a 90° mostraron como hubo un aumento significativo tanto en post-intervención ($p<.001$) como en seguimiento ($p=.016$) en comparación a la pre-intervención. Y las comparaciones post hoc del factor momento en la fuerza de prensión de mano mostraron como la fuerza aumentó entre pre-intervención y post-intervención ($p<.001$) y disminuyó entre post-intervención y seguimiento ($p<.001$). Se aumentó la fuerza tanto de tren superior como de tren inferior entre la pre-intervención y la post-intervención. Este cambio se mantuvo en la fuerza de extensores de rodilla a 90°, por el contrario, en la fuerza de extensores de rodilla a 60° y en la fuerza de prensión de mano disminuyó significativamente entre post-intervención y seguimiento.

El ANOVA 3×3 también mostró efectos principales en el factor grupo estadísticamente significativos en las variables de masa corporal ($F_2=6.23$, $p=.005$, $\eta^2=.262$) y de índice de masa corporal ($F_2=5.23$, $p=.010$, $\eta^2=.230$) (ver Tabla III-5). Las comparaciones post hoc mostraron como en ambas variables el grupo CA tuvo un valor menor que el grupo EF ($p=.014$ en masa corporal y $p=.010$ en IMC) y el grupo C ($p=.008$ en masa corporal y $p=.068$ en IMC).

III.3.3. Efectos de grupo, momento y/o condición en las variables de equilibrio

Una vez detallados los resultados provenientes del ANOVA 3×3 de las variables generales, de marcha y de fuerza muscular, vamos a profundizar en los resultados del

ANOVA de tres factores para las variables de equilibrio. Primero se presentan las interacciones significativas entre los tres factores con sus respectivos análisis focalizados incluyendo los derivados de una interacción significativa de dos factores. A continuación se presentan los efectos principales del factor momento, del factor grupo y/o del factor condición (Co) con sus respectivas comparaciones post hoc o sus comparaciones planeadas. Los análisis focalizados del ANOVA 3x3x3 con sus valores de significancia y las comparaciones post hoc se pueden consultar en la Tabla III-6.

Tabla III-6. Resultados del ANOVA 3x3x3 de las variables de equilibrio

	Interacción G×M×Co	Interacción G×M		M		Co	
	sig (p)	sig (p)	análisis focalizado	sig (p)	post hoc	sig (p)	post hoc
Pico velocidad ML	0.011	-	-	-	-	<.001	OA<OC,CC
Pico velocidad ML OC	NA	-	-	0.001	pre>post,seg	NA	NA
Pico velocidad ML CC	NA	0.078	CA: post<seg	-	-	NA	NA
Pico velocidad AP	-	-	-	-	-	<.001	OA<OC,CC
Trayectoria ML	-	-	-	-	-	<.001	OA<OC,CC
Trayectoria AP	-	-	-	-	-	<.001	OA<OC,CC
Máxima distancia ML	-	-	-	-	-	<.001	OA<OC,CC
Máxima distancia AP	-	-	-	-	-	<.001	OA<OC,CC
Variabilidad ML	-	-	-	-	-	<.001	OA<OC,CC
Variabilidad AP	-	-	-	-	-	0.003	OA<OC,CC
Ratio AP/ML	-	-	-	-	-	0.008	OA<OC>CC

Nota. Únicamente variables con significancia. G: grupo (EF: intervención de ejercicio físico tradicional, CA: intervención ejercicio con caballo, C: control). M: momento (pre: pre-intervención, post: post-intervención, seg: seguimiento). Co: condición (OA: ojos abiertos, OC: ojos cerrados, CC: carga cognitiva). ML: eje medio-lateral, AP: eje antero-posterior. NA: no aplicable.

El ANOVA 3x3x3 reveló una única interacción significativa en la variable de pico de velocidad del eje ML ($F_{8,64} = 2.77$, $p = .011$, $\eta^2 = .263$). Al focalizar el análisis en el factor condición, se encontró una interacción G×M con tendencia a la significancia y un gran tamaño del efecto para la condición de carga cognitiva ($F_{4,66} = 2.207$, $p = .078$, $\eta^2 = .118$) y un efecto principal simple del factor momento estadísticamente significativo y de gran tamaño del efecto en la condición de ojos cerrados ($F_{2,33} = 5.910$, $p = .001$, $\eta^2 = .199$). Las comparaciones post hoc mostraron como la interacción G×M con carga cognitiva se

explicó por el aumento en el pico de velocidad ML entre la post-intervención y el seguimiento solamente en el grupo CA (ver Figura III-3, sección E). Por otro lado, el efecto momento con ojos cerrados se produjo porque el pico de velocidad ML fue estadísticamente mayor en pre-intervención que en post-intervención y seguimiento. Además, el ANOVA 3x3x3 de nuestro estudio mostró como no existió un efecto principal en el factor grupo para ninguna variable de equilibrio. No obstante hubo un efecto principal estadísticamente significativo en el factor condición en todas las variables de equilibrio. Estas variables fueron: pico de velocidad ML ($F_{2,33}= 15.13$, $p<.001$, $\eta^2=.478$), pico de velocidad AP ($F_{2,33}= 19.20$, $p<.001$, $\eta^2=.361$), trayectoria ML ($F_{2,33}= 24.46$, $p<.001$, $\eta^2=.418$), trayectoria AP ($F_{2,33}= 24.90$, $p<.001$, $\eta^2=.423$), máxima distancia ML ($F_{2,33}= 13.49$, $p<.001$, $\eta^2=.284$), máxima distancia AP ($F_{2,33}= 14.18$, $p<.001$, $\eta^2=.294$), variabilidad ML ($F_{2,33}= 11.69$, $p<.001$, $\eta^2=.256$), variabilidad AP ($F_{2,33}= 8.61$, $p=.003$, $\eta^2=.202$) y ratio AP/ML ($F_{2,33}= 6.45$, $p=.008$, $\eta^2=.159$). Las comparaciones post hoc del factor condición de todas las variables de equilibrio tanto para el eje AP como para el eje ML mostraron como el equilibrio en OA fue menor que en OC y CC ($p<.01$); mientras el ratio en OC fue estadísticamente superior a OA y CC ($p<.05$) (ver Figura III-4).

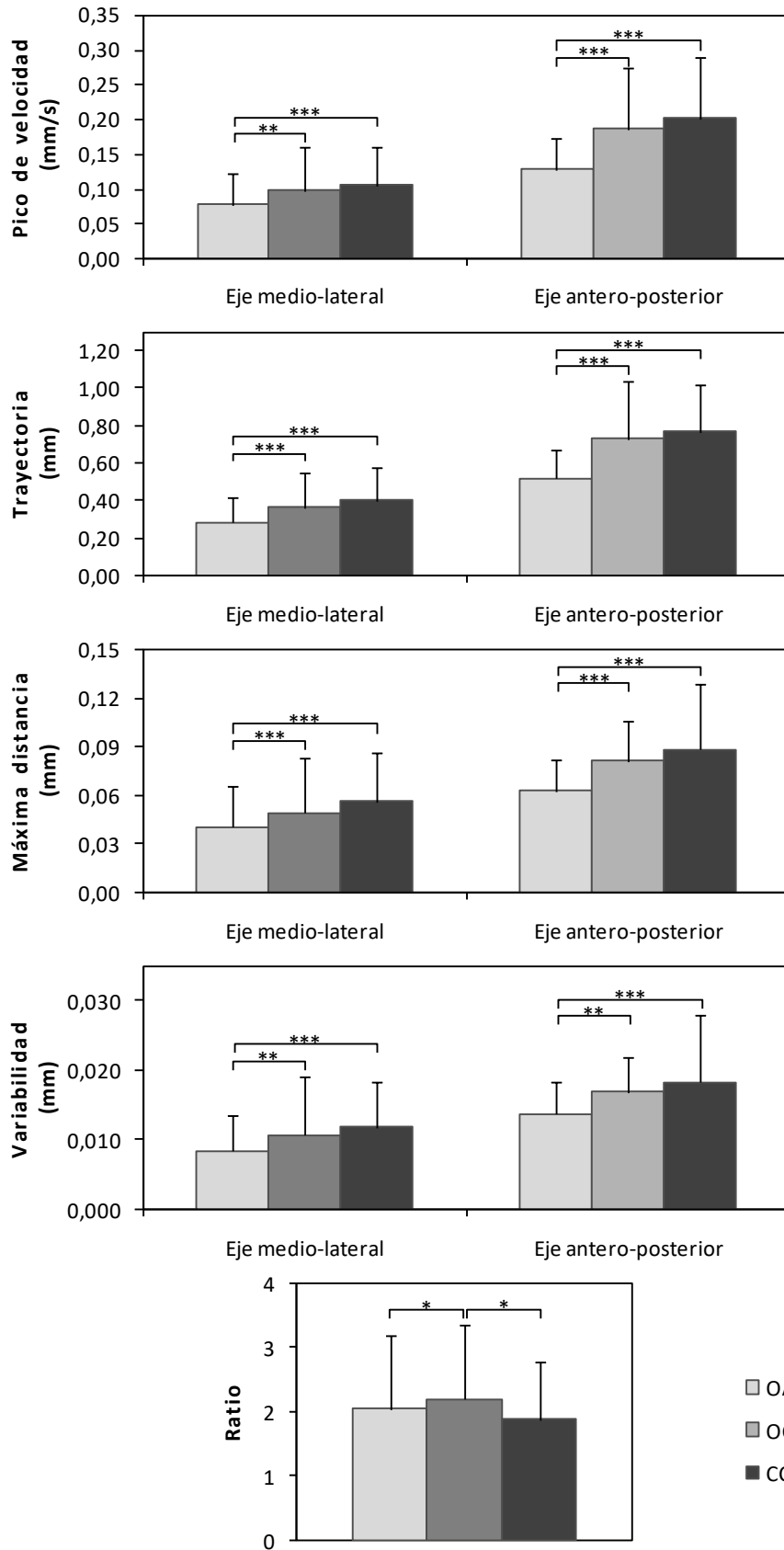


Figura III-4. Media, desviación estándar y diferencias significativas de las variables de equilibrio por eje según el ANOVA 3×3×3. Factor condición: ojos abiertos (OA), ojos cerrados (OC) y carga cognitiva (CC). Significancia estadística de las diferencias: *p<.05, **p<.01, ***p<.001.

III.4. Discusión

El primer objetivo de este capítulo fue analizar los efectos que producen unas intervenciones de ejercicio físico tradicional (EF) y de ejercicio físico con caballo (CA) en la funcionalidad física de las personas mayores, en comparación a un grupo control. Motivo por el que vamos a discutir los efectos de ambas intervenciones en comparación al grupo control en cuanto a las variables generales, la marcha, la fuerza y el equilibrio. Más adelante, analizaremos la retención de los efectos anteriormente mencionados, puesto que el segundo objetivo de este capítulo fue analizar la retención de los efectos producidos por nuestras intervenciones EF y CA en la funcionalidad física de las personas mayores.

III.4.1. Efectos de las intervenciones

Nuestras intervenciones de ejercicio físico tradicional o de ejercicio físico con caballo pueden mejorar la fuerza de extremidad inferior, el equilibrio y la composición corporal de personas mayores. Además, la intervención de ejercicio físico tradicional puede mejorar la fuerza de extremidad superior, y la intervención de ejercicio físico con caballo puede mejorar la velocidad de marcha.

III.4.1.1. Variables generales

Existe una conocida correlación negativa entre el nivel de ejercicio físico y la acumulación de grasa (Raguso, et al., 2006). Motivo por el que no nos sorprendió encontrar que ambas intervenciones de ejercicio de nuestro estudio mejoraron la masa corporal, y el IMC. Así que, tanto programas de ejercicio físico tradicional como programas de ejercicio con caballos se podrían utilizar para la regulación de la composición corporal en personas mayores, siempre que se incluyan contenidos de resistencia aeróbica. A pesar de la aparente mejora del IMC en el grupo control, este cambio no fue relevante, porque únicamente se produjo con los datos transformados en rangos (transformación necesaria para el cumplimiento del supuesto de normalidad), pero no para los datos crudos. Por otro lado, el nivel de actividad física mejoró en EF y CA y fue muy similar en M_{post} en ambos grupos, puesto que dichas

intervenciones de ejercicio físico tuvieron frecuencia semanal y duración de la sesión similares. No obstante, CA mejoró un mayor porcentaje que EF (34% en CA y 13% en EF), posiblemente porque CA partía de un menor nivel de actividad física en M_{pre} (aunque no fue estadísticamente distinto).

III.4.1.2. Marcha

En cuanto a la máxima velocidad de marcha, en nuestro estudio, únicamente CA mejoró un 8.6%, mientras que EF presentó una mejora no significativa de 3.6%, y el grupo control no experimentó cambio alguno. Esta diversidad de resultados con respecto los efectos de distintos tipos de programas de ejercicio físico sobre la velocidad de marcha va en concordancia a lo encontrado por Lopopolo, Greco, Sullivan, Craik y Mangione (2006) en su meta-análisis. Estos autores analizaron el efecto del ejercicio físico de 18 estudios en personas mayores que vivían independientemente en la comunidad e informaron que el 78% de los artículos encontraron mejoras significativas en la máxima velocidad de marcha tras la intervención, mientras que el 22% no encontraron mejoría alguna. La mayoría de las intervenciones mejoran la máxima velocidad de marcha, y aquellas que no mejoran parece que es porque la intensidad o la duración de la intervención de ejercicio no fue la adecuada (Lopopolo, et al., 2006). Ejemplos de estas disparidades podrían ser los estudios de Serra-Rexach et al. (2011) en contraposición a los estudios de Giné-Garriga et al. (2010) y Sipila, Multanen, Kallinen, Era y Suominen (1996). Serra-Rexach et al. (2011), en su reciente estudio no encontraron mejoras en la velocidad de marcha tras una intervención de ejercicio de ocho semanas de duración de ejercicios de fuerza de extremidad inferior. En contraposición, Giné-Garriga et al. (2010) que realizaron una intervención de 12 semanas de entrenamiento en circuito funcional y Sipila et al. (1996) que realizaron dos intervenciones de 18 semanas de resistencia y de fuerza intensiva sí encontraron mejoras en la velocidad de marcha. Las mejoras de Giné-Garriga et al. (2010) fueron de un 15.3% (un 6.7% superior que en CA de nuestro estudio). Es posible que aunque la duración de la intervención de Giné-Garriga et al. (2010) fuese igual que la nuestra, encontraran más mejoras porque sus participantes eran personas mayores frágiles que partían de un peor valor de máxima velocidad de marcha. Mientras que las mejoras de Sipila et al. (1996) fueron de un 2% y un 3%

superiores a las de CA de nuestro estudio, en sus intervenciones de resistencia y de fuerza, respectivamente. Es posible que estos autores encontraran mayores mejoras que nosotros debido a que realizaron una intervención de mayor duración (de seis semanas más). Las posibles razones por las que hemos encontrado mejoras de velocidad de marcha en CA y no en EF en nuestra investigación son conjeturas. No obstante, podemos considerar cuatro posibles motivos relacionados con: la velocidad de marcha inicial, el tipo de ejercicio y su carga en la intervención, las características del lugar de práctica y la especificidad de la intervención. En relación al primer motivo, según la literatura revisada, las personas que parten de un peor nivel inicial de velocidad de marcha pueden mejorar más que las que parten de un mejor rendimiento inicial (Lord, Lloyd, Nirui, et al., 1996). En nuestro estudio, CA partió de un peor promedio de velocidad de marcha en comparación a EF, aunque no fue una diferencia significativa, lo cual podría explicar que CA mejorase más que EF. En relación al segundo motivo, la combinación de ejercicios y la carga óptima de la intervención para la mejora de la marcha en personas mayores no se conoce en la actualidad (Mian, et al., 2007), pero en ambas intervenciones se intentó equiparar la carga y se siguieron las recomendaciones de frecuencia semanal, tiempo de sesión y contenidos de la ACSM, la AHA y la OMS (Nelson, et al., 2007; OMS, 2011). No obstante, los ejercicios de CA y EF fueron distintos debido a la presencia o ausencia del caballo. Es posible que el caballo motive más al participante, lo que podría repercutir en el aumento de la intensidad del ejercicio, y consecuentemente en el incremento de la carga de CA. En relación al tercer motivo, EF se desarrolló en un pabellón polideportivo y CA en una finca de grandes dimensiones a las afueras, lo cual es posible que ofreciese a los participantes de CA más oportunidades para caminar distancias más largas durante toda la intervención debido a la mayor dimensión del lugar de práctica. Finalmente, en relación al cuarto motivo, las mayores mejoras en la velocidad de marcha en CA que en EF quizás puedan explicarse debido al principio de especificidad del entrenamiento (Matveyev, 1977). Dicho principio se fundamenta en que las mejoras que acompañan a un programa de ejercicio físico se producen principalmente en aquellas partes del cuerpo que han sido más estimuladas durante el ejercicio. Así pues, cabe esperar que

aquellas personas que más caminen más mejoren su marcha, y en CA parece que se caminó más y con mayor intensidad o motivación.

III.4.1.3. Fuerza muscular

En cuanto a la fuerza de piernas, no ha sido sorprendente encontrar que distintos protocolos de intervenciones de ejercicio, todos ellos producen mejoras en la fuerza muscular en personas mayores, porque a pesar de presentar contenidos distintos, se ajustaron a las recomendaciones de la ACSM, la AHA o la OMS (Nelson, et al., 2007; OMS, 2011). Como era de esperar, en nuestro estudio ambas intervenciones de ejercicio físico mejoraron la máxima fuerza isométrica de extensores de rodilla en comparación al grupo control. Nuestros hallazgos concuerdan con los de la literatura revisada, que informa que diversas intervenciones de ejercicio físico producen mejoras de la fuerza muscular en personas mayores (Buchner, et al., 1997; Giné-Garriga, Guerra, Pages, et al., 2010; Rooks, et al., 1997; Serra-Rexach, et al., 2011; Sipila, et al., 1996; Sousa & Sampaio, 2005). Estos estudios encontraron mejoras del 6-65% de la fuerza de extensores de rodilla. De las publicaciones revisadas, hay tres que son comparables a nuestro estudio porque parte de su metodología fue similar en cuanto a la duración de las intervenciones y/o en cuanto al protocolo de medición de la fuerza de piernas (Giné-Garriga, Guerra, Pages, et al., 2010; Rooks, et al., 1997; Sousa & Sampaio, 2005). Los autores de estas tres publicaciones informaron de mayores mejoras de fuerza de extensores de rodilla que los encontrados en nuestro estudio. La intervención de entrenamiento funcional de Giné-Garriga et al. (2010) fue de la misma duración que la nuestra y su protocolo de medición de la fuerza muy similar al nuestro, puesto que valoraron la máxima fuerza isométrica de extensores de rodilla a 60° de flexión de la rodilla. Estos autores encontraron mejoras del 19% en la fuerza de la pierna izquierda, mientras que las mejoras de nuestro estudio fueron inferiores. Recordemos que en nuestro estudio hubo mejoras del 11% y 22% en EF y del 13% y 25% en CA, en *Fmax60R* y *Fmax90R*, respectivamente. La otra publicación revisada que presentaba la misma duración de intervención que en nuestro estudio fue la de Sousa y Sampaio (2005), en la cual los autores informaron de una mejora del 46% en la fuerza de extensores de rodilla en su intervención de entrenamiento progresivo de fuerza. Por otro lado, Sipila et al. (1996) publicaron el otro estudio de similar

protocolo de medición de la fuerza de piernas, y los autores informaron de mejoras en la máxima fuerza isométrica de flexores de rodilla a 60° de flexión de un 19% en su intervención de fuerza y de un 31% en su intervención de resistencia. Posibles razones de la mayor mejora de fuerza de estos estudios en comparación podrían estar relacionados con la especificidad de las intervenciones, la duración de la intervención y/o con el nivel inicial de fuerza. En cuanto a la especificidad de las intervenciones, es posible que Sousa y Sampaio (2005) y Giné-Garriga et al. (2010) encontrasen mayores mejoras que nosotros porque incluían contenidos específicos de mejora de la fuerza muscular de extremidad inferior. En contraposición a nuestro estudio, en el cual la fuerza de piernas no fue un contenido exclusivamente prioritario. De hecho, la intervención de Sousa y Sampaio (2005) fue de entrenamiento progresivo de fuerza e incluía ejercicios de prensa y extensión de piernas entre otros, y la intervención de Giné-Garriga et al. (2010) incluía un día semanal de ejercicios orientados a la mejora de la fuerza muscular de piernas. Otros autores de la literatura consultada apoyan el concepto de que las intervenciones específicas de fuerza muscular son las que mayores mejoras de fuerza de piernas producen, donde se pueden dar mejoras de hasta el 65% (Rooks, et al., 1997). En contraste, el menor aumento de fuerza de todos los artículos revisados se encontró en una intervención caminando, en la cual se mejoró únicamente un 6% (Rooks, et al., 1997). En cuanto a la duración de la intervención, puede que Sipila et al. (1996) encontrasen más mejoras de fuerza de piernas que nosotros por tratarse de dos intervenciones de seis semanas más que la nuestra. En cuanto al nivel inicial de fuerza, los participantes de Giné-Garriga et al. (2010) partían de una peor fuerza de extensores de rodilla (77 ± 6 Nm/Kg·100) que los participantes de nuestro estudio (140 ± 54 Nm/Kg·100 en EF, 143 ± 40 Nm/Kg·100 en CA), lo cual podría influir en que nuestros participantes tengan un menor margen de mejora de fuerza y en consecuencia mejoren un menor porcentaje que en el otro estudio.

A pesar de que CA y EF mejoraron la fuerza de piernas, CA mejoraron un porcentaje ligeramente superior que EF, aunque no estadísticamente significativo (1% superior en Fmax60R y 4% superior en Fmax90R). Es posible que esta diferencia sea atribuible a la presencia del caballo, que en ejercicios como por ejemplo el de limpiarle los cascos

obliga a flexionarse más. Dichos ejercicios fomentan que los participantes deban realizar flexo-extensiones de tronco y de extremidades inferiores con una mayor amplitud de movimiento. También es posible que este tipo de ejercicio tenga un mayor componente de trabajo excéntrico de extensores de rodilla que podría incidir en la mejora de la fuerza. Ahora bien, estos argumentos necesitan ser examinados experimentalmente y replicados con mayor poder estadístico para poder considerarlos válidos.

En ambos grupos de intervención se produjo un mayor porcentaje de mejora en el test a 90° de flexión de rodilla que en el de 60°. Es posible que este fenómeno sea atribuible a las características de los participantes de nuestro estudio, puesto que eran personas sanas, que en su mayoría vivían independientemente en la comunidad. Las actividades de la vida diaria que desarrollan estas personas suelen ser con angulaciones más parecidas a los 60° de flexión que a los 90° de flexión, como por ejemplo caminar para desplazarse, subir escaleras de casa, hacer la cama o cocinar. Al introducir ejercicios de mayor flexión en las intervenciones es posible que nuestros participantes presentasen un mayor margen de mejora de la fuerza a 90° de flexión de rodilla, puesto que no están tan habituados a ejercitar su musculatura con tanta flexión. Ahora bien, de la misma manera que en la discusión sobre la mayor mejora de fuerza en CA que en EF del párrafo anterior, estos argumentos necesitan ser examinados experimentalmente para poder considerarlos válidos.

Acabamos de detallar como la fuerza de extremidad inferior mejoró en ambas intervenciones, quizás más en CA que en EF y más a 90° que a 60° de flexión de rodilla. Pero es bien sabido que la musculatura de todo el cuerpo no mejora su fuerza por igual. La medición de la fuerza de extremidad superior se realizó mediante la fuerza de prensión de mano, y esperábamos encontrar que ambas intervenciones de ejercicio produjesen mejoras en la fuerza de prensión de mano normalizada por masa corporal y que el grupo control no experimentara ningún cambio, pero no fue así. Encontramos que la fuerza de prensión de manos mejoró únicamente en EF, y además el grupo control presentó una tendencia a la mejora. Es posible que EF fuese el que más mejoró porque partía de un peor nivel de fuerza de prensión de mano que el resto de los grupos y por lo tanto presentaba más margen de mejora (aunque esta diferencia

inicial no fue estadísticamente significativa). Otros autores previamente informaron de ausencia de mejoras en la fuerza de prensión de mano tras sus intervenciones de ejercicio físico (Rooks, et al., 1997; Serra-Rexach, et al., 2011), tal y como ha sucedido en CA de nuestro estudio. Cabe destacar, que las mejoras encontradas en EF de nuestro estudio fueron superiores a las encontradas por Cress et al. (1999), puesto que estos autores encontraron mejoras del 3% en su intervención de fuerza y resistencia de seis meses de duración mientras que nosotros encontramos mejoras del 28%. Con respecto al grupo control, ha sido sorprendente encontrar que hubo una tendencia a la mejora del 13% en la fuerza de prensión de mano, puesto que en la literatura revisada lo que hemos encontrado es lo contrario (Cress, et al., 1999). La explicación que podemos sugerir sobre este aumento de la fuerza de prensión de mano del grupo control está relacionada con sus actividades de la vida diaria. Recordemos que el grupo control no participó en ninguna intervención y debía continuar con su vida cotidiana con normalidad. Los participantes del grupo control eran campesinos, y el periodo en el que se desarrollaron las intervenciones coincidió con época de cuidado del cultivo, tareas en las que se trabaja la fuerza de prensión de mano, lo que podría haber influido en las mejoras de fuerza de prensión de mano del grupo control.

III.4.1.4. Equilibrio

Una vez discutidos los efectos de las intervenciones en las variables generales, la marcha y la fuerza, vamos a discutir los producidos en el equilibrio. Parece que las intervenciones de nuestro estudio tuvieron algún efecto en el equilibrio de los participantes, especialmente en la variable de pico de velocidad en el eje medio-lateral (*PveIML*). En la literatura consultada hemos encontrado cierta controversia en referencia a los beneficios del ejercicio en el equilibrio de las personas mayores. Algunos estudios encontraron que el equilibrio de las personas mayores se puede mejorar con intervenciones de ejercicio físico (Giné-Garriga, Guerra, Pages, et al., 2010; Judge, et al., 1993; Lord, et al., 1995; Rooks, et al., 1997), mientras que otros no encontraron beneficios (Buchner, et al., 1997; Judge, et al., 1993). Giné-Garriga et al. (2010) y Rooks et al. (1997) informaron de un rango de mejoras de equilibrio del 39.0-176.2%. Dichas mejoras fueron superiores a las de nuestro estudio con valores de 0.8-32.9%. Las posibles razones para dichas diferencias podrían ser el tipo de intervención

y/o la metodología de medición del equilibrio. Giné-Garriga et al. (2010) realizaron una intervención de ejercicio que incluía entrenamiento específico de equilibrio funcional junto con fuerza muscular de extremidad inferior. Este tipo de intervención contrasta con nuestras intervenciones, en las que se incluyeron contenidos de equilibrio, pero de forma compartida junto con otros muchos contenidos. Para mejorar el equilibrio es necesario entrenar ejercicios de equilibrio (Judge, et al., 1993), pero parece que aquellas intervenciones específicas de equilibrio combinadas con fuerza muscular producen mayor mejora del equilibrio en personas mayores que otro tipo de intervenciones (Rydwik, et al., 2004) como las nuestras. Por otro lado, otra posible razón para las diferencias de mejora del equilibrio entre Giné-Garriga et al. (2010), Rooks et al. (1997) y nuestros resultados es la metodología de medición del equilibrio. Los autores de ambas publicaciones valoraron el tiempo máximo que los participantes aguantaban en equilibrio pseudo-estático mientras que nosotros valoramos el balanceo postural sobre una plataforma de fuerzas. Su metodología de medición de equilibrio fue muy distinta a la nuestra, lo cual dificulta la comparación de resultados. Los estudios consultados que valoraron el equilibrio de personas mayores con una metodología parecida a la nuestra, mediante el balanceo postural (Judge, et al., 1993; Lord, et al., 1995), encontraron mejoras del equilibrio más bajas (6.7-18.0%) que las encontradas por Giné-Garriga et al. (2010) y Rooks et al. (1997), y más parecidas a las encontradas en nuestro estudio (0.8-32.9%). Lord et al. (1995) encontraron que su intervención de ejercicio mejoró el equilibrio medido mediante el balanceo postural un 6.7-7.0%, dependiendo de la condición. Además, Judge et al. (1993) también valoraron el equilibrio mediante el balanceo postural y encontraron que se mejoró un 18% el equilibrio en monopdestación. En este último estudio no se encontraron mejoras en el equilibrio en bipedestación, posiblemente, tal y como esperaban los autores porque eran personas mayores sanas con un buen nivel de equilibrio antes de la intervención y neurológicamente intactos (Judge, et al., 1993). En contraste a lo encontrado en estas otras publicaciones previas, recordemos que hay autores que no encontraron beneficios de intervenciones de ejercicio en el equilibrio (Buchner, et al., 1997; Judge, et al., 1993). Aunque no se conocen claramente los motivos de estos hallazgos, los propios autores sugirieron que la ausencia de mejora

del equilibrio se podría deber a la ausencia de ejercicios de equilibrio en la intervención (Buchner, et al., 1997) o que a pesar de incluir ejercicios de equilibrio, las personas mayores sanas presentaban un buen nivel de equilibrio previo a la intervención (Judge, et al., 1993). Otra posible explicación de la ausencia de beneficios en intervenciones de ejercicio la explicaron Rydwik et al. (2004) en su revisión sistemática; dichos autores apuntaron que en estudios con muestras de menos de 50 participantes puede que no se encuentren beneficios en el equilibrio por tratarse de muestras demasiado pequeñas.

Los posibles cambios de equilibrio difieren según grupo. A pesar de que las mejoras no fueron significativas, dichos cambios se observan fundamentalmente en CA. Rooks et al. (1997) también informaron que sus dos intervenciones produjeron distintos cambios en el equilibrio, puesto que la intervención de fuerza resistencia mejoró un 98% el equilibrio pseudo-estático con una sola pierna frente al 39% de la intervención caminando. La explicación de porqué el equilibrio de CA cambió más que EF no es del todo clara, pero puede estar relacionada con diversos factores, como por ejemplo con el nivel inicial de equilibrio en ambos grupos o con las características de las propias intervenciones. Primero, aunque no hubo diferencias significativas iniciales en el equilibrio (*Pve/ML*) entre EF y CA; CA partía de un peor equilibrio, motivo por el que podría presentar un mayor margen de mejora del equilibrio en este grupo en comparación a EF. De hecho, otros autores previamente han sugerido que las mayores mejoras de equilibrio se producen en los participantes con peor equilibrio antes de la intervención (Judge, et al., 1993). Segundo, es posible que en CA, al realizar los ejercicios con la presencia del caballo, los participantes realizasen ejercicios con un mayor componente de desequilibrio que en EF. Ya que el caballo puede producir desequilibrios como por ejemplo cuando tira del participante al desplazarse en los ejercicios de pie a tierra, o cuando trota en los ejercicios montado. En la literatura, se han constatado cambios en el equilibrio de diversas poblaciones con discapacidad con una intervención física con caballo (Bronson, et al., 2010; Zadnikar & Kastrin, 2011).

En nuestro estudio, al considerar las diferentes condiciones en las que se midió el equilibrio (ojos abiertos, ojos cerrados o carga cognitiva), todos los participantes en su conjunto mejoraron el equilibrio. Estos cambios se observaron fundamentalmente en

CA, puesto que se dieron en todas las condiciones. Mientras que EF únicamente cambió en la condición de ojos cerrados. En la condición de ojos cerrados es en la única en la que se observaron cambios en ambos grupos de intervención y continúa manteniendo la tónica de que CA cambió más drásticamente que EF (21.2% y 9.7%, respectivamente). Nos falta información para clarificar el hecho de que EF no mejorase con ojos abiertos ni con carga cognitiva y que CA mejorase en las tres condiciones. Pero es posible que influya el hecho de que EF partía de un mejor nivel de equilibrio que CA, y que la intervención de EF incluyese menos ejercicios de equilibrio que CA.

Está claro que el equilibrio depende de las condiciones en las que se mide. En nuestro estudio, el equilibrio de los participantes (sin discriminar grupo) fue mejor con ojos abiertos que con ojos cerrados o con carga cognitiva para todas las variables en AP y ML. Nuestros resultados apoyan los hallazgos de numerosos estudios publicados previamente (Lord, et al., 1995; Nagy, et al., 2007; Shumway-Cook & Woollacott, 2000; Shumway-Cook, et al., 1997). No obstante, entre ojos cerrados y carga cognitiva no encontramos diferencia, de manera que parece que ambas condiciones dificultan de forma similar el control del equilibrio en nuestros participantes. Asimismo, en la literatura revisada no hemos encontrado evidencia sobre cuál de estas dos condiciones (ojos cerrados o carga cognitiva) dificulta más el control del equilibrio en personas mayores sanas.

La importancia del mantenimiento o la mejora del equilibrio en las personas mayores radica en su relación con la prevención de caídas (Howe, et al., 2007), que es un grave problema en este colectivo de personas, especialmente para aquellas de más avanzada edad. Es ampliamente sabido que distintas intervenciones de ejercicio físico tradicional mejoran el equilibrio (Carter, Kannus, & Khan, 2001). No obstante, según nuestros hallazgos, parece que el equilibrio de las personas mayores sanas se puede mejorar más con una intervención de ejercicio físico con caballo que con una de ejercicio físico tradicional. Por lo tanto, se podría aconsejar una intervención donde o bien la presencia de caballo o bien la inclusión de ejercicios motivadores y específicos de equilibrio fueran utilizados para las personas mayores que pretendan mejorar su equilibrio.

III.4.2. Retención de los efectos

Una vez discutidos los efectos de las intervenciones de ejercicio, cabe preguntarse hasta qué punto los beneficios obtenidos se retienen en el tiempo.

Hubo una retención parcial de las mejoras en la composición corporal en ambos grupos, de las mejoras de velocidad de marcha en CA, de gran parte de las mediciones de fuerza de extremidad inferior en ambos grupos y de la fuerza de prensión de mano de EF y el grupo control. Cabe destacar que hubo una retención prácticamente total de la fuerza de extremidad inferior a 90° de flexión de rodilla en EF y que hubo una ausencia de retención en el equilibrio.

Nos hemos encontrado dos factores que limitan la comparación de nuestros resultados de retención con los publicados previamente. El primero es que la mayoría de los estudios revisados con intervención de ejercicio físico a personas mayores no incluyeron mediciones de retención (Cress, et al., 1999; Lord, Lloyd, Nirui, et al., 1996; Rooks, et al., 1997; Sipila, et al., 1996; Sousa & Sampaio, 2005). Este hecho ya fue detectado previamente por Gardner et al. (2000), que en su revisión sobre los efectos de intervenciones de ejercicio en personas mayores informaron del bajo número de artículos con valoraciones de retención. El segundo es que aquellos estudios que incluyeron mediciones de retención presentaron una gran variedad en cuando al tiempo transcurrido entre la finalización de la intervención de ejercicio y la medición de seguimiento. Hemos revisado estudios que informan de resultados de seguimiento de entre cuatro semanas y nueve meses. Recordemos que nuestras intervenciones tuvieron una duración de 12 semanas y la valoración de seguimiento se realizó a las cuatro semanas de haber finalizado la intervención.

Diseñamos dicho tiempo para la valoración de retención porque autores de estudios previos encontraron evidencia de importantes pérdidas de las ganancias obtenidas durante la intervención de ejercicio físico con valoraciones de seguimiento a las cuatro semanas (Serra-Rexach, et al., 2011).

A continuación discutiremos la retención de los efectos en las variables generales. Más adelante discutiremos la retención de los efectos en la marcha, la fuerza y el equilibrio.

III.4.2.1. Variables generales

Las mejoras conseguidas en la composición corporal (IMC y masa corporal) de los participantes de ambas intervenciones se retuvieron a las cuatro semanas de haber finalizado la intervención, pero parcialmente. Hubo una mayor retención en EF que en CA (alrededor del 83% y 55%, respectivamente).

El nivel de actividad física de ambos grupos de intervención se retuvo prácticamente por completo en CA (empeoró un 5.5%) y totalmente en EF y el grupo control. De hecho, mejoró ligeramente en EF (7.2%) y notablemente en el grupo control (28.4%). La mejora del nivel de actividad física del grupo control en el periodo de seguimiento podría estar relacionada con el aumento de las funciones de cultivo, puesto que fue una actividad que fue en aumento desde la parte final de la intervención hasta la medición de seguimiento. Al comparar el nivel de actividad física de los dos grupos de intervención, parece que los participantes de EF presentaron mejor adherencia al ejercicio que los participantes de CA, porque no solamente mantuvieron el nivel de actividad física que había mejorado durante la intervención, sino que incluso lo mejoran ligeramente. No obstante estas diferencias entre grupos no son estadísticamente relevantes. Es posible que la desaparición del caballo en el programa de actividades de las personas del grupo CA afectase dicha retención.

III.4.2.2. Marcha

Respecto a la velocidad de marcha, las mejoras obtenidas en CA se retuvieron parcialmente (se perdió el 29.0%). A pesar de este empeoramiento, a las cuatro semanas de haber finalizado la intervención, los participantes de CA habían mejorado su velocidad de marcha en comparación a M_{pre} (6.1%). Nuestros resultados apoyan los de Giné-Garriga et al. (2010) y Protas y Tissier (2009). Dichos autores también informaron de una retención de la mejora de la velocidad de marcha de sus participantes. Cabe destacar que las valoraciones de seguimiento de estos dos estudios las realizaron a los seis meses de finalizar la intervención, frente a las cuatro semanas de nuestro diseño. Hubiese sido interesante haber realizado un mayor seguimiento longitudinal en nuestro estudio con el fin de esclarecer si la pérdida de la mejora de velocidad de marcha de CA una vez finalizada la intervención se estabilizaría o si continuaría. Además, respecto a la mejora de la velocidad de marcha de EF, nos

reafirmamos en que no fue relevante, porque además, tras el periodo de seguimiento se perdieron totalmente las mejoras. Por otro lado, hay autores que no informaron de valores de retención por no haber encontrado mejoras durante sus intervenciones de ejercicio (Buchner, et al., 1997).

III.4.2.3. Fuerza

La mejora de fuerza de extremidad inferior de nuestro estudio se retuvo prácticamente en su totalidad a las cuatro semanas únicamente en el grupo EF para *Fmax90R*, manteniendo el 99% de la fuerza ganada. Mientras que *Fmax90R* en CA y *Fmax60R* en CA y EF empeoró, y se retuvo únicamente parcialmente un 14%, 8% y 2% de las mejoras obtenidas, respectivamente. La explicación de las diferencias de retención de *Fmax90R* en ambas intervenciones no se conoce con seguridad, pero parece que a pesar de que hubo mayor beneficio en CA que en EF, el tipo de ejercicio de EF produce una mayor retención que el de CA. Hemos revisado estudios publicados previamente que también mostraron diversidad de retención según las distintas intervenciones y el tiempo transcurrido entre el fin de la intervención y la valoración de seguimiento. Hay autores que encontraron una retención nula de la mejora de fuerza de extensores de rodilla en su medición de seguimiento a los seis meses de haber finalizado la intervención (Giné-Garriga, Guerra, Pages, et al., 2010; Protas & Tissier, 2009), mientras que otros encontraron una retención parcial o total de las mejoras de fuerza de piernas (Buchner, et al., 1997; Serra-Rexach, et al., 2011). Los autores de estas publicaciones informaron de retenciones parciales del 9-67%, o incluso totales de la fuerza de piernas (Buchner, et al., 1997; Serra-Rexach, et al., 2011). A las cuatro semanas de haber finalizado la intervención, Serra-Rexach et al. (2011) informaron de una retención parcial del 63% de las mejoras obtenidas con su intervención focalizada en la mejora de la fuerza de extremidad inferior. Mientras que a los tres meses de haber finalizado las intervenciones, Buchner et al. (1997) informaron de distintas retenciones según el tipo de intervención. Encontraron una retención del 67% en su intervención de fuerza, una retención del 9% en su intervención de fuerza y resistencia, y de una retención del 100% en su intervención de resistencia.

Respecto a la fuerza de prensión de mano, recordemos que en el periodo de intervención mejoró en EF y el grupo control, mientras que en CA no cambió. A las cuatro semanas de haber finalizado la intervención, la fuerza de prensión de mano de EF y del grupo control empeoró significativamente (16.4% y 15.8%, respectivamente) en comparación a M_{post} . No obstante, al comparar M_{seg} con M_{pre} únicamente EF mejoró ligeramente la fuerza de prensión de mano (7.3%). De los estudios revisados, únicamente hemos encontrado un estudio que incluyó valoraciones de fuerza de prensión de mano un periodo después de haber finalizado la intervención (Serra-Rexach, et al., 2011). No obstante, sus resultados no se pueden comparar con los nuestros porque ellos no encontraron mejoras con su intervención en la fuerza de prensión de mano, y en consecuencia no detallaron resultados de retención.

III.4.2.4. Equilibrio

Como hemos dicho anteriormente, los estudios revisados que informan de valoraciones de seguimiento, una vez finalizada la intervención de ejercicio físico en personas mayores son escasos. Pero más aun lo son aquellos que valoraron el equilibrio. Además, de igual manera que encontramos en referencia a la velocidad de marcha, hay autores que aunque diseñaron una valoración de seguimiento meses después de haber finalizado la intervención, como no encontraron mejoras del equilibrio durante la intervención, obviamente no reportan resultados de retención (Buchner, et al., 1997).

Las pequeñas mejoras de equilibrio de EF de nuestro estudio se perdieron totalmente a las cuatro semanas de haber finalizado la intervención. En contraste, Giné-Garriga et al. (2010) informaron que las mejoras de equilibrio conseguidas durante su intervención de ejercicio físico en circuito de entrenamiento funcional para personas mayores frágiles se retuvieron 6 meses después de la intervención. Por otro lado, las mejoras de equilibrio de CA se retuvieron parcialmente y de distinta manera por condiciones. Con ojos abiertos y con ojos cerrados las mejoras de equilibrio de CA se retuvieron totalmente, mientras que con carga cognitiva no se retuvieron las mejoras de equilibrio a las cuatro semanas. Es posible que la retención de las mejoras de equilibrio de CA con carga cognitiva hubiese sido distinta si en nuestras intervenciones se hubiesen incluido contenidos de equilibrio con componente cognitivo.

III.4.3. Resumen

Según nuestro conocimiento, este es el primer estudio dirigido a determinar los efectos de una intervención con la presencia de un caballo para la mejora de la funcionalidad física en personas mayores. También es el primero que compara los efectos de dicha intervención con los efectos de una intervención de ejercicio físico más tradicional.

Los participantes de las intervenciones de nuestro estudio obtuvieron mejoras en la composición corporal, el nivel de actividad física, la velocidad de marcha, la fuerza muscular y el equilibrio. Aunque estas mejoras se produjeron de forma distinta en ambas intervenciones.

La intervención de ejercicio físico con caballo parece estar más indicada que la de ejercicio tradicional para la mejora de la velocidad de marcha, mientras que la intervención de ejercicio tradicional parece estar más indicada para la mejora de la fuerza de extremidad superior.

El grupo control mejoró algunos parámetros, como por ejemplo la fuerza de prensión de mano, posiblemente debido a las tareas de cultivo que realizó en la parte final del periodo de intervención.

Se dio una retención prácticamente total del nivel de actividad física de ambos grupos y de la fuerza de extensores de rodilla a 90° de flexión en el grupo de ejercicio tradicional. En contraste, no se produjo retención de los cambios producidos en el equilibrio.

Se dieron retenciones parciales en ambos grupos de intervención de las mejoras en la composición corporal, en la fuerza de extremidad inferior, en la fuerza de prensión de mano (únicamente en el grupo de ejercicio tradicional), en la marcha (únicamente en el grupo de ejercicio con caballo).

III.4.4. Implicaciones prácticas

Basándonos en nuestros resultados y en lo publicado por autores previamente, existe evidencia que distintos tipos de programas de ejercicio físico pueden ser efectivos para la mejora de la composición corporal, de la velocidad de marcha, la fuerza muscular y

el equilibrio en personas mayores. Motivo por el que, en futuros programas de ejercicio que se pretenda mejorar estos aspectos se podrían escoger entre un amplio abanico de tipos de intervenciones. Para la mejora de fuerza de extremidad inferior y de equilibrio podrían utilizarse tanto programas tradicionales como programas con la presencia de un caballo, para la mejora de la fuerza de prensión de mano podrían utilizarse programas tradicionales, y para la mejora de la velocidad de marcha podrían utilizarse programas con la presencia de un caballo. Además, los programas con la presencia de un caballo podrían utilizarse para beneficiarse de mayores mejoras del equilibrio en distintas condiciones en comparación a los programas más tradicionales. Parece que el ejercicio con caballo puede comportar mayores mejoras que el ejercicio tradicional en algunos aspectos, ahora bien, enrolarse en un programa de ejercicio con caballo conlleva más dificultades que hacerlo en uno de ejercicio físico tradicional. Algunas de estas dificultades pueden estar relacionadas con el lugar de práctica, el adiestramiento de caballo, el miedo al caballo o el coste económico. Un programa de ejercicio físico con caballo precisa de una instalación que no es tan accesible como otros tipos de ubicaciones donde se desarrollan intervenciones de ejercicio físico tradicional (e.g. pabellón deportivo, gimnasio, entorno urbano). Además, el caballo debe ser adiestrado específicamente, igual que los instructores. Estos dos hechos, pueden incrementar la distancia al lugar de práctica y pueden suponer una barrera para enrolarse en un programa de ejercicio con caballo. Hay personas mayores que no pueden participar en un programa de ejercicio físico con caballo porque tienen miedo al animal. Además, la inclusión de un caballo en un programa de ejercicio físico incrementa el coste económico en comparación a un programa de ejercicio físico tradicional. Motivo que puede suponer una barrera para enrolarse en un programa de ejercicio físico.

A pesar que distintos programas de ejercicio pueden comportar mejoras físicas en las personas mayores, parece que aquellos programas que son más específicos comportan mayores beneficios. Por lo tanto, si se pretende mejorar la funcionalidad física de las personas mayores, una buena estrategia sería realizar una intervención que incluya ejercicios específicos de funcionalidad física.

III.4.5. Limitaciones y futuras líneas

A continuación citamos ciertas limitaciones de nuestro estudio.

Primero, algunas limitaciones del presente capítulo coinciden con las explicadas en el Capítulo II. Se trata de las que se refieren a: el tamaño de la muestra (primera limitación del Capítulo II), la ampliación de otras mediciones relacionadas con la marcha funcional y las caídas (segunda limitación del Capítulo II), la generalización de resultados de funcionalidad física (tercera limitación del Capítulo II), las dificultades de comprensión y/o ejecución por parte de los participantes en ciertas valoraciones (cuarta limitación del Capítulo II) y el tipo de tarea doble escogida (sexta limitación del Capítulo II).

Segundo, la formación de los grupos la realizamos aleatoriamente por un proceso de randomización estratificada en función del sexo, la edad y la velocidad de marcha. No obstante, la muestra quedó sesgada por dos motivos: por el miedo a los caballos y por la ausencia de tiempo. Los participantes con miedo a los caballos no los incluimos en la intervención de ejercicio físico con caballo y los participantes con ausencia de tiempo libre para realizar las intervenciones los incluimos en el grupo control. En futuros estudios se deberían realizar diseños que minimicen estos sesgos.

Tercero, el grupo control incluyó a personas mayores que declinaron participar en las intervenciones por falta de tiempo. Dichas personas continuaron con su actividad de la vida diaria con normalidad. No obstante, dicho grupo estaba compuesto por campesinos que incrementaron su actividad de cultivo en la parte final de la intervención y en el periodo de retención. En futuras investigaciones debería controlarse que el grupo control no tenga previsto realizar paralelamente a las intervenciones de ejercicio un incremento en su nivel de actividad física por motivos domésticos, recreacionales o laborales.

Cuarto, el control de la carga de ambas intervenciones lo aproximamos equiparando la duración de la intervención, la duración de las sesiones y la frecuencia semanal. No obstante no pudimos equiparar completamente la carga de ambas intervenciones porque los ejercicios de las sesiones fueron distintos, principalmente por la presencia o ausencia del caballo. En futuros estudios que incluyan más de una intervención de ejercicio y se pretenda equiparar sendas cargas, se podría cuantificar mediante

métodos objetivos como pulsómetros, acelerómetros o sistemas de posicionamiento global y/o mediante métodos subjetivos de percepción del esfuerzo.

Quinto, en nuestro estudio no valoramos los cambios en aspectos emocionales, que podrían haber sido determinantes en la intervención de ejercicio físico con caballo. En futuros estudios con la presencia de animales deberían incluirse mediciones de aspectos emocionales de los participantes.

Sexto, nuestras intervenciones fueron de 12 semanas de duración e incluían distintos contenidos relacionados con la funcionalidad física. No obstante, se desconoce el tipo de ejercicio y la carga idónea para la mejora de la funcionalidad física en personas mayores. Son necesarios más estudios que determinen el tipo de ejercicio y la carga adecuada (frecuencia, duración e intensidad) que son más efectivos para la mejora de la funcionalidad física en personas mayores, entendida como la velocidad de marcha y factores subyacentes como la fuerza muscular y el equilibrio.

Séptimo, el tiempo de seguimiento de nuestro estudio fue de cuatro semanas. Un mayor tiempo de seguimiento hubiese proporcionado información de retención de los efectos de las intervenciones a mayor plazo de tiempo. En futuros estudios se deberían incluir valoraciones de seguimiento para analizar la retención de los efectos tras intervenciones de ejercicio de un mínimo de seis meses de duración. Dicho periodo de tiempo es el que se considera necesario, desde la perspectiva psicológica, para la adquisición de un nuevo hábito, y permitiría determinar si los participantes se han adherido a la práctica regular de ejercicio físico.

Octavo, no se controló la ingesta calórica de los participantes. Este hecho limitó la interpretación de resultados con respecto a la composición corporal, porque está relacionado con el peso y con el índice de masa corporal. En futuras investigaciones, si se pretende determinar los posibles efectos de intervenciones de ejercicio sobre la composición corporal deberían incluirse análisis de ingesta calórica de los participantes.

Por último, y al igual que en Capítulo II, encontramos dificultades propias del campo de estudio dado que existe gran heterogeneidad metodológica. Este hecho limitó la comparación de nuestros resultados con los publicados previamente. Dicha heterogeneidad se produjo en los protocolos de las intervenciones de ejercicio físico,

en la metodología de medición de las variables (ver última limitación del Capítulo II) y en el tiempo de seguimiento para la determinación de la retención de los efectos. Los protocolos de estudios previos presentaron una gran diversidad en la carga de la intervención (i.e. frecuencia semanal, tiempo de sesión, duración de la intervención) y en los contenidos de las sesiones (e.g. intervenciones en circuito funcional, caminando, de fuerza muscular, de fuerza resistencia). Las dificultades en la comparación de resultados debido a la metodología de medición de las variables la encontramos principalmente en la fuerza de extremidad inferior (i.e. diversidad en los tipos de contracción muscular, las acciones o los grupos musculares, la lateralidad) y en el equilibrio (i.e. diversidad en las condiciones de equilibrio, en el sistema de medición, en las variables presentadas). La principal limitación en la comparación de efectos respecto el tiempo de seguimiento se produjo por la ausencia de un gran número de estudios que valoren la retención de los efectos tras la intervención de ejercicio. Además, en aquellas intervenciones que realizaban un seguimiento después de la intervención, existió una gran variedad del tiempo transcurrido entre la finalización de la intervención y la medición de seguimiento para valorar la retención de los efectos.

III.5. Referencias bibliográficas del capítulo III

- Andrews, A. W., Thomas, M. W., & Bohannon, R. W. (1996). Normative values for isometric muscle force measurements obtained with hand-held dynamometers. *Phys Ther*, 76(3), 248-259.
- Bass, M. M., Duchowny, C. A., & Llabre, M. M. (2009). The effect of therapeutic horseback riding on social functioning in children with autism. *J Autism Dev Disord*, 39(9), 1261-1267.
- Bean, J. F., Vora, A., & Frontera, W. R. (2004). Benefits of exercise for community-dwelling older adults. *Arch Phys Med Rehabil*, 85(7 Suppl 3), S31-42; quiz S43-34.
- Bellew, J. W., Yates, J. W., & Gater, D. R. (2003). The initial effects of low-volume strength training on balance in untrained older men and women. *J Strength Cond Res*, 17(1), 121-128.
- Bohannon, R. W. (1997a). Comfortable and maximum walking speed of adults aged 20-79 years: reference values and determinants. *Age Ageing*, 26(1), 15-19.
- Bohannon, R. W. (1997b). Reference values for extremity muscle strength obtained by hand-held dynamometry from adults aged 20 to 79 years. *Arch Phys Med Rehabil*, 78(1), 26-32.
- Bronson, C., Brewerton, K., Ong, J., Palanca, C., & Sullivan, S. J. (2010). Does hippotherapy improve balance in persons with multiple sclerosis: a systematic review. *Eur J Phys Rehabil Med*, 46(3), 347-353.
- Buchner, D. M., Cress, M. E., de Lateur, B. J., Esselman, P. C., Margherita, A. J., Price, R., et al. (1997). The effect of strength and endurance training on gait, balance, fall risk, and health services use in community-living older adults. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 52(4), M218-224.
- Buchner, D. M., Cress, M. E., Esselman, P. C., Margherita, A. J., de Lateur, B. J., Campbell, A. J., et al. (1996). Factors associated with changes in gait speed in older adults. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 51(6), M297-302.
- Callisaya, M. L., Blizzard, L., Schmidt, M. D., McGinley, J. L., Lord, S. R., & Srikanth, V. K. (2009). A population-based study of sensorimotor factors affecting gait in older people. *Age Ageing*, 38(3), 290-295.
- Carter, N. D., Kannus, P., & Khan, K. M. (2001). Exercise in the prevention of falls in older people: a systematic literature review examining the rationale and the evidence. *Sports Med*, 31(6), 427-438.
- Cesari, M., Kritchevsky, S. B., Newman, A. B., Simonsick, E. M., Harris, T. B., Penninx, B. W., et al. (2009). Added value of physical performance measures in predicting adverse health-related events: results from the Health, Aging And Body Composition Study. *J Am Geriatr Soc*, 57(2), 251-259.
- Champagne, D., & Dugas, C. (2010). Improving gross motor function and postural control with hippotherapy in children with Down syndrome: case reports. *Physiother Theory Pract*, 26(8), 564-571.
- Christofolletti, G., Correia, N., Borges, G., & Beinotti, F. (2010). Use of hippotherapy in gait training for hemiparetic post-stroke. *Arquivos de neuro-psiquiatria*, 68(6), 908.

- Cress, M. E., Buchner, D. M., Questad, K. A., Esselman, P. C., deLateur, B. J., & Schwartz, R. S. (1999). Exercise: effects on physical functional performance in independent older adults. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 54(5), M242-248.
- Cress, M. E., Schechtman, K. B., Mulrow, C. D., Fiatarone, M. A., Gerety, M. B., & Buchner, D. M. (1995). Relationship between physical performance and self-perceived physical function. *J Am Geriatr Soc*, 43(2), 93-101.
- Cutt, H., Giles-Corti, B., Knuiaman, M., & Burke, V. (2007). Dog ownership, health and physical activity: a critical review of the literature. *Health Place*, 13(1), 261-272.
- Daniels, R., van Rossum, E., de Witte, L., Kempen, G. I., & van den Heuvel, W. (2008). Interventions to prevent disability in frail community-dwelling elderly: a systematic review. *BMC Health Serv Res*, 8, 278.
- Danneskiold-Samsøe, B., Bartels, E. M., Bülow, P. M., Lund, H., Stockmarr, A., Holm, C. C., et al. (2009). Isokinetic and isometric muscle strength in a healthy population with special reference to age and gender. *Acta Physiol (Oxf)*, 197, 1-68.
- Drnach, M., O'Brien, P. A., & Kreger, A. (2010). The effects of a 5-week therapeutic horseback riding program on gross motor function in a child with cerebral palsy: a case study. *J Altern Complement Med*, 16(9), 1003-1006.
- Era, P., Sainio, P., Koskinen, S., Haavisto, P., Vaara, M., & Aromaa, A. (2006). Postural balance in a random sample of 7,979 subjects aged 30 years and over. *Gerontology*, 52(4), 204-213.
- Gardner, M. M., Robertson, M. C., & Campbell, A. J. (2000). Exercise in preventing falls and fall related injuries in older people: a review of randomised controlled trials. *Br J Sports Med*, 34(1), 7-17.
- Gillespie, L. D., Robertson, M. C., Gillespie, W. J., Lamb, S. E., Gates, S., Cumming, R. G., et al. (2009). Interventions for preventing falls in older people living in the community. *Cochrane Database Syst Rev*(2), CD007146.
- Giné-Garriga, M., Guerra, M., Pagès, E., Manini, T. M., Jiménez, R., & Unnithan, V. B. (2010). The effect of functional circuit training on physical frailty in frail older adults: a randomized controlled trial. *J Aging Phys Act*, 18(4), 401-424.
- Hakanson, M., Moller, M., Lindstrom, I., & Mattsson, B. (2009). The horse as the healer-a study of riding in patients with back pain. *J Bodyw Mov Ther*, 13(1), 43-52.
- Hameury, L., Delavous, P., & Leroy, C. (2011). Hippotherapy in the paedopsychiatric care project. *Soins Pédiatr Pueric*(258), 37-40.
- Hammer, A., Nilsagård, Y., Forsberg, A., Pepa, H., Skargren, E., & Öberg, B. (2005). Evaluation of therapeutic riding (Sweden)/hippotherapy (United States). A single-subject experimental design study replicated in eleven patients with multiple sclerosis. *Physiother Theory Pract*, 21(1), 51 - 77.
- Howe, T. E., Rochester, L., Jackson, A., Banks, P. M., & Blair, V. A. (2007). Exercise for improving balance in older people. *Cochrane Database Syst Rev*(4), CD004963.
- Judge, J. O., Lindsey, C., Underwood, M., & Winsemius, D. (1993). Balance improvements in older women: effects of exercise training. *Phys Ther*, 73(4), 254-262; discussion 263-255.
- Kelly-Hayes, M., Jette, A. M., Wolf, P. A., D'Agostino, R. B., & Odell, P. M. (1992). Functional limitations and disability among elders in the Framingham Study. *Am J Public Health*, 82(6), 841-845.

- Kline Mangione, K., Craik, R. L., Lopopolo, R., Tomlinson, J. D., & Brenneman, S. K. (2008). Predictors of gait speed in patients after hip fracture. *Physiother Can*, *60*(1), 10-18.
- Kluding, P., & Gajewski, B. (2009). Lower-extremity strength differences predict activity limitations in people with chronic stroke. *Phys Ther*, *89*(1), 73-81.
- Kwon, J. Y., Chang, H. J., Lee, J. Y., Ha, Y., Lee, P. K., & Kim, Y. H. (2011). Effects of hippotherapy on gait parameters in children with bilateral spastic cerebral palsy. *Arch Phys Med Rehabil*, *92*(5), 774-779.
- Latham, N. K., Bennett, D. A., Stretton, C. M., & Anderson, C. S. (2004). Systematic review of progressive resistance strength training in older adults. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, *59*(1), 48-61.
- Laukkanen, P., Leskinen, E., Kauppinen, M., Sakari-Rantala, R., & Heikkinen, E. (2000). Health and functional capacity as predictors of community dwelling among elderly people. *J Clin Epidemiol*, *53*(3), 257-265.
- Lopopolo, R. B., Greco, M., Sullivan, D., Craik, R. L., & Mangione, K. K. (2006). Effect of therapeutic exercise on gait speed in community-dwelling elderly people: a meta-analysis. *Phys Ther*, *86*(4), 520-540.
- Lord, S. R., Lloyd, D. G., & Li, S. K. (1996). Sensori-motor function, gait patterns and falls in community-dwelling women. *Age Ageing*, *25*(4), 292-299.
- Lord, S. R., Lloyd, D. G., Nirui, M., Raymond, J., Williams, P., & Stewart, R. A. (1996). The effect of exercise on gait patterns in older women: a randomized controlled trial. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, *51*(2), M64-70.
- Lord, S. R., Ward, J. A., Williams, P., & Strudwick, M. (1995). The effect of a 12-month exercise trial on balance, strength, and falls in older women: a randomized controlled trial. *J Am Geriatr Soc*, *43*(11), 1198-1206.
- Malatesta, D., Simar, D., Saad, H. B., Prefaut, C., & Caillaud, C. (2010). Effect of an overground walking training on gait performance in healthy 65- to 80-year-olds. *Exp Gerontol*, *45*(6), 427-434.
- Masui, T., Hasegawa, Y., Matsuyama, Y., Sakano, S., Kawasaki, M., & Suzuki, S. (2005). Gender differences in platform measures of balance in rural community-dwelling elders. *Arch Gerontol Geriatr*, *41*(2), 201-209.
- McGibbon, N. H., Benda, W., Duncan, B. R., & Silkwood-Sherer, D. (2009). Immediate and long-term effects of hippotherapy on symmetry of adductor muscle activity and functional ability in children with spastic cerebral palsy. *Arch Phys Med Rehabil*, *90*(6), 966-974.
- McGuire, D. K., Levine, B. D., Williamson, J. W., Snell, P. G., Blomqvist, C. G., Saltin, B., et al. (2001). A 30-Year Follow-Up of the Dallas Bed Rest and Training Study: I. Effect of Age on the Cardiovascular Response to Exercise. *Circulation*, *104*(12), 1350-1357.
- Mian, O. S., Baltzopoulos, V., Minetti, A. E., & Narici, M. V. (2007). The impact of physical training on locomotor function in older people. *Sports Med*, *37*(8), 683-701.
- Nagy, E., Feher-Kiss, A., Barnai, M., Domjan-Preszner, A., Angyan, L., & Horvath, G. (2007). Postural control in elderly subjects participating in balance training. *Eur J Appl Physiol*, *100*(1), 97-104.
- Nelson, M. E., Rejeski, W. J., Blair, S. N., Duncan, P. W., Judge, J. O., King, A. C., et al. (2007). Physical activity and public health in older adults: recommendation

- from the American College of Sports Medicine and the American Heart Association. *Circulation*, 116(9), 1094-1105.
- Organización Mundial de la Salud. (2011). Estrategia mundial sobre régimen alimentario, actividad física y salud. Retrieved 18 April 2011: http://www.who.int/dietphysicalactivity/factsheet_recommendations/es/index.html
- Orr, R., Raymond, J., & Fiatarone Singh, M. (2008). Efficacy of progressive resistance training on balance performance in older adults : a systematic review of randomized controlled trials. *Sports Med*, 38(4), 317-343.
- Protas, E. J., & Tissier, S. (2009). Strength and speed training for elders with mobility disability. *J Aging Phys Act*, 17(3), 257-271.
- Raab, G. M., Day, S., & Sales, J. (2000). How to Select Covariates to Include in the Analysis of a Clinical Trial. *Controlled Clinical Trials*, 21(4), 330-342.
- Raguso, C. A., Kyle, U., Kossovsky, M. P., Roynette, C., Paoloni-Giacobino, A., Hans, D., et al. (2006). A 3-year longitudinal study on body composition changes in the elderly: role of physical exercise. *Clin Nutr*, 25(4), 573-580.
- Raina, P., Waltner-Toews, D., Bonnett, B., Woodward, C., & Abernathy, T. (1999). Influence of companion animals on the physical and psychological health of older people: an analysis of a one-year longitudinal study. *J Am Geriatr Soc*, 47(3), 323-329.
- Rogers, C. E., Larkey, L. K., & Keller, C. (2009). A review of clinical trials of tai chi and qigong in older adults. *West J Nurs Res*, 31(2), 245-279.
- Rooks, D. S., Kiel, D. P., Parsons, C., & Hayes, W. C. (1997). Self-paced resistance training and walking exercise in community-dwelling older adults: effects on neuromotor performance. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 52(3), M161-168.
- Rydwik, E., Frandin, K., & Akner, G. (2004). Effects of physical training on physical performance in institutionalised elderly patients (70+) with multiple diagnoses. *Age Ageing*, 33(1), 13-23.
- Serra-Rexach, J. A., Bustamante-Ara, N., Hierro Villaran, M., Gonzalez Gil, P., Sanz Ibanez, M. J., Blanco Sanz, N., et al. (2011). Short-Term, Light- to Moderate-Intensity Exercise Training Improves Leg Muscle Strength in the Oldest Old: A Randomized Controlled Trial. *J Am Geriatr Soc*, 59(4), 594-602.
- Shinkai, S., Watanabe, S., Kumagai, S., Fujiwara, Y., Amano, H., Yoshida, H., et al. (2000). Walking speed as a good predictor for the onset of functional dependence in a Japanese rural community population. *Age Ageing*, 29(5), 441-446.
- Shumway-Cook, A., & Woollacott, M. (2000). Attentional demands and postural control: the effect of sensory context. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 55(1), M10-16.
- Shumway-Cook, A., Woollacott, M., Kerns, K. A., & Baldwin, M. (1997). The effects of two types of cognitive tasks on postural stability in older adults with and without a history of falls. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 52(4), M232-240.
- Shurtleff, T. L., & Engsberg, J. R. (2010). Changes in trunk and head stability in children with cerebral palsy after hippotherapy: a pilot study. *Phys Occup Ther Pediatr*, 30(2), 150-163.
- Silkwood-Sherer, D., & Warmbier, H. (2007). Effects of hippotherapy on postural stability, in persons with multiple sclerosis: a pilot study. *J Neurol Phys Ther*, 31(2), 77-84.

- Sipila, S., Multanen, J., Kallinen, M., Era, P., & Suominen, H. (1996). Effects of strength and endurance training on isometric muscle strength and walking speed in elderly women. *Acta Physiol Scand*, *156*(4), 457-464.
- Sousa, N., & Sampaio, J. (2005). Effects of progressive strength training on the performance of the Functional Reach Test and the Timed Get-Up-and-Go Test in an elderly population from the rural north of Portugal. *Am J Hum Biol*, *17*(6), 746-751.
- Studenski, S., Perera, S., Patel, K., Rosano, C., Faulkner, K., Inzitari, M., et al. (2011). Gait speed and survival in older adults. *JAMA*, *305*(1), 50-58.
- Toigo, T., Leal Júnior, E. C. P., & Ávila, S. N. (2008). O uso da equoterapia como recurso terapêutico para melhora do equilíbrio estático em indivíduos da terceira idade. *Revista Brasileira de Geriatria e Gerontologia*, *11*, 391-403.
- Vogel, T., Brechat, P. H., Lepretre, P. M., Kaltenbach, G., Berthel, M., & Lonsdorfer, J. (2009). Health benefits of physical activity in older patients: a review. *Int J Clin Pract*, *63*(2), 303-320.
- Zadnikar, M., & Kastrin, A. (2011). Effects of hippotherapy and therapeutic horseback riding on postural control or balance in children with cerebral palsy: a meta-analysis. *Dev Med Child Neurol*, *53*(8), 684-691.

**CAPÍTULO IV. Discusión general y
recomendaciones**

IV

IV.1. Discusión general

El ser humano va pasando por distintas etapas hasta llegar al último periodo de desarrollo, donde son denominados personas mayores. Desde un ámbito social, se acepta que el inicio de esta etapa comienza a los 65 años, que coincide con lo que era el momento de la jubilación. No obstante, nuestro estudio está compuesto por participantes de a partir de 60 años, puesto que en la literatura científica es común considerar que las personas mayores lo son a partir de esta edad (Bauer, et al., 2008; Raymakers, et al., 2005; Vogel, et al., 2009). El envejecimiento de las personas puede ir acompañado de mala calidad de vida, como por ejemplo cuando una persona mayor no puede realizar las actividades de la vida diaria sin ayuda, cuando sufre una caída y debe ser hospitalizado o cuando padece una enfermedad que le obliga a medicarse y limita su función. En la sociedad española y catalana, estos aspectos pueden suponer un problema tanto a nivel social como económico. Desde la perspectiva social, por ejemplo, una persona se puede ver limitada en sus relaciones personales si no es capaz de ir a visitar a un familiar que vive en un segundo piso sin ascensor. Desde la perspectiva económica, por ejemplo, el estar hospitalizado, siendo visitado por el médico o consumiendo habitualmente fármacos, incrementa el gasto económico.

Cada persona envejece de forma distinta, posiblemente por una combinación genética, de estilos de vida (Chodzko-Zajko, et al., 2009) incluyendo la actividad física, y la presencia de enfermedades crónicas. No obstante, en general, las personas mayores experimentan cambios comunes que afectan a aspectos fisiológicos, neuro-cognitivos y físicos, como pueden ser la disminución de la memoria, la capacidad de aprendizaje, la atención, la estatura, la masa ósea, el rango de movilidad articular o la masa muscular. Estos cambios, asociados al envejecimiento pueden contribuir al deterioro del organismo y de la funcionalidad física. Motivo por el cual alrededor de los nueve últimos años de vida son con expectativa de incapacidad (IMSERSO, 2009), con una mala calidad de vida y sin poder realizar las actividades de la vida diaria de forma autónoma.

A pesar que la persona mayor es un ser complejo donde aspectos fisiológicos, neuro-cognitivos, físicos, emocionales, y socio-económicos se interrelacionan, el enfoque de

esta tesis se centra en la funcionalidad física y concretamente en la capacidad de marcha. Según mostramos en la Figura III-2, contemplaremos los efectos del envejecimiento y del ejercicio físico en la funcionalidad física de las personas mayores, tomando la velocidad de marcha como su principal indicador y la fuerza y el equilibrio como sus capacidades motrices más relevantes.

Como ya hemos comentado, un aspecto clave relacionado con la funcionalidad física es la marcha. No solo es importante para desplazarse a diario, sino que es un indicador clave de funcionalidad física, invalidez, independencia física y supervivencia (Cesari, et al., 2009; Cress, et al., 1995; Kelly-Hayes, et al., 1992; Laukkanen, et al., 2000; Shinkai, et al., 2000; Studenski, et al., 2011). En concreto, la velocidad de marcha la hemos utilizado en nuestro estudio por considerarse un gran predictor de funcionalidad física en personas mayores.

Además, existen capacidades motrices, como la fuerza o el equilibrio, que están relacionadas con la velocidad de marcha (Bohannon, 1997a; Chang, et al., 1995; Hernandez, et al., 2009; Ringsberg, et al., 1999). De hecho, la fuerza y el equilibrio no solo están relacionados con la marcha funcional, sino que pueden formar parte de modelos de predicción de la marcha funcional (Bean, et al., 2002; Bohannon, 2008; Buchner, Cress, et al., 1996; Buchner, Larson, et al., 1996; Callisaya, et al., 2009; Kline Mangione, et al., 2008; Kluding & Gajewski, 2009; Lord, Lloyd, & Li, 1996). En nuestro estudio, encontramos un modelo de predicción de la marcha funcional de capacidades físicas conformado por la fuerza de extremidad inferior y el equilibrio. Además, nuestro modelo de predicción global de la marcha funcional incluyó la fuerza de extremidad inferior, la edad y el nivel de actividad física. A pesar que el equilibrio es un predictor secundario de la marcha funcional, en las personas mayores adquiere una especial importancia por su relación con la prevención de caídas (Heinrich, et al., 2010; Piirtola & Era, 2006), especialmente los desequilibrios en el eje medio-lateral (Laughton, et al., 2003). Además, tal y como encontramos en nuestro estudio y en consonancia a lo publicado por otros autores previamente, el equilibrio de las personas mayores empeora cuando se le añade las condiciones de oclusión ocular o de carga cognitiva adicional (Bauer, et al., 2008; Bellew, et al., 2003; Era, et al., 2006; Nagy, et al., 2007; Swanenburg, et al., 2009).

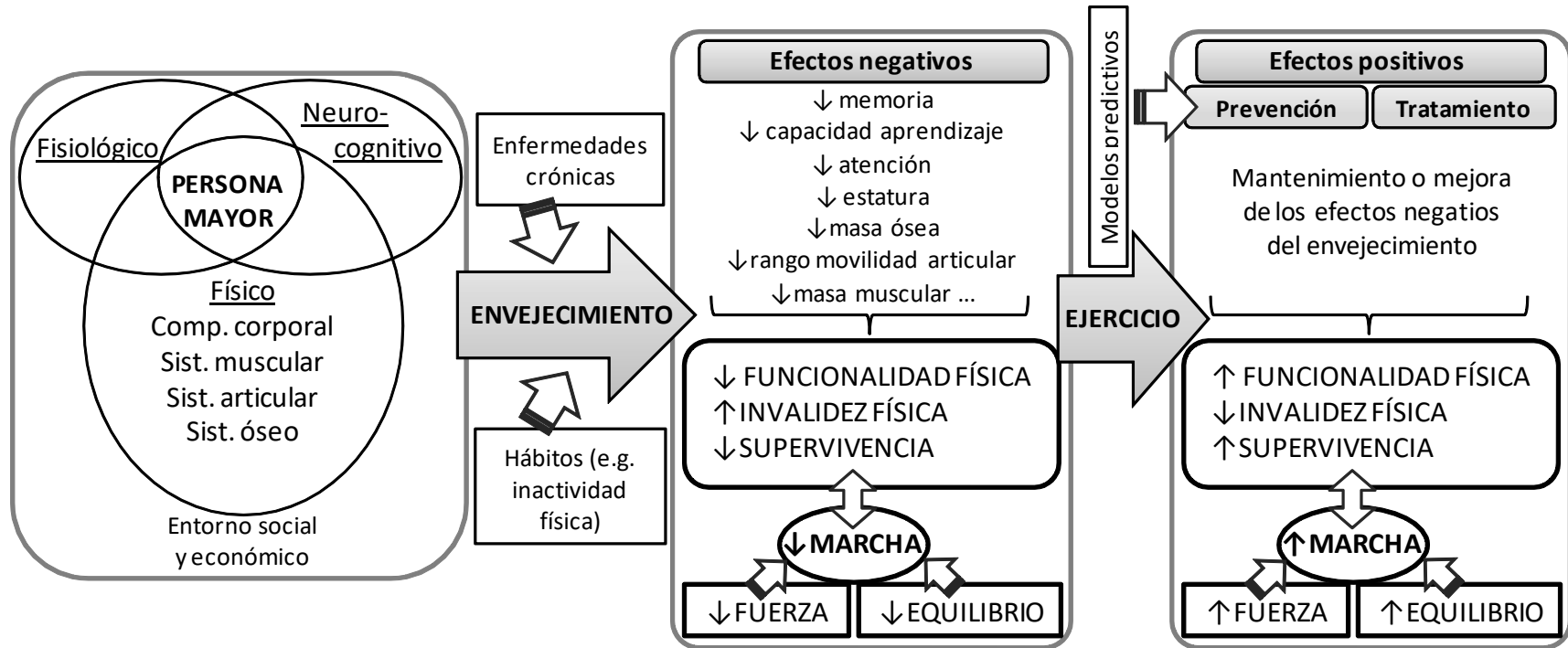


Figura IV-1. Modelo con un enfoque en la funcionalidad física que explica los efectos del envejecimiento y del ejercicio físico. ↑: aumento, ↓: disminución.

Aunque el envejecimiento deteriore el organismo, las personas mayores no tienen porqué desembocar en una invalidez física que imposibilite el desarrollo de las actividades de la vida diaria autónomamente. Un ejemplo de este hecho podrían ser los participantes de nuestro estudio, que incluían 55 participantes (61-86 años) sanos que vivían en una zona rural de Cataluña. Dichos participantes presentaron características antropométricas (Giné-Garriga, Guerra, Manini, et al., 2010; Giné-Garriga, Guerra, Pagès, et al., 2010; Serra-Rexach, et al., 2011) y nivel de actividad física (Washburn, et al., 1993) similar al reportado por otros autores previamente en estudios con personas mayores. La máxima velocidad de marcha de nuestro estudio y la fuerza de extensores de piernas se encontraron dentro de los baremos de referencia en personas de 60 o más años de edad, sanas y sin limitaciones de movilidad (Bohannon, 1997a; Danneskiold-Samsøe, et al., 2009; Lusardi, et al., 2003; Steffen, et al., 2002). Mientras que la fuerza de prensión de mano de nuestros participantes fueron entre similares e inferiores a los de otros estudios (Lauretani, et al., 2003; Luna-Heredia, et al., 2005; Schlüssel, et al., 2008; Shinkai, et al., 2000; Takata, et al., 2010). Además, en todas estas mediciones, los hombres presentaron mejor valor que las mujeres. Por otro lado, al comparar mayores jóvenes con muy mayores, no se encontraron diferencias. Es posible que no se encontrasen diferencias entre los dos grupos de edad de nuestro estudio porque los grandes declives de fuerza muscular se producen especialmente en la década de los 50 (Danneskiold-Samsøe, et al., 2009), y no de forma tan notoria a partir de los 60 años.

Con respecto al equilibrio, en nuestro estudio encontramos que empeora con la edad al comparar mayores jóvenes con muy mayores, fundamentalmente en el eje antero-posterior. Está bien establecido que en la mayor parte de la vida, en la edad adulta, la variabilidad del equilibrio del eje medio-lateral es mayor que la del eje antero-posterior durante la marcha (Bauby & Kuo, 2000; Owings & Grabiner, 2004). Este hecho implica que cuando una persona pasa de edad adulta a persona mayor, el equilibrio del eje medio-lateral es el que más discrimina. Dicho aspecto apoya lo ya conocido sobre el empeoramiento del equilibrio del eje medio-lateral de las personas mayores jóvenes en comparación a adultos (Hernandez, et al., 2009; Laughton, et al., 2003), y que además está estrechamente relacionado con las caídas (Laughton, et al.,

2003). Es más novedoso, y único según nuestro conocimiento, el hallazgo respecto al eje del equilibrio que más discrimina en niños. Looper, Wu, Angulo Barroso, Ulrich y Ulrich (2006) encontraron que los niños que están aprendiendo a caminar presentan una mayor variabilidad del equilibrio en el eje antero-posterior que en el eje medio-lateral, al contrario que en adultos. Así pues, al comparar niños que están aprendiendo a caminar con adultos sanos, el eje del equilibrio que más discrimina es el antero-posterior. Es decir, en la literatura podemos encontrar como entre niños y adultos discrimina el eje antero-posterior y entre adultos y mayores discrimina el eje medio-lateral del equilibrio. No obstante, no hemos encontrado evidencia sobre qué ocurre entre mayores jóvenes y muy mayores. Y precisamente en esta línea es en la que esta tesis aporta nuevo conocimiento (ver Figura IV-2). Los hallazgos de esta tesis complementan el conocimiento arraigado sobre el eje del equilibrio que discrimina entre adultos y mayores, y el más reciente hallazgo sobre el eje del equilibrio que discrimina entre los niños que están aprendiendo a caminar y los adultos. Puesto que en nuestro estudio hemos encontrado que entre mayores jóvenes y muy mayores, el eje del equilibrio que discrimina es el antero-posterior. Parece que cuando se están produciendo grandes modificaciones en el control del equilibrio, es decir, cuando un niño está aprendiendo a mantener el equilibrio o cuando una persona muy mayor está perdiendo esta capacidad, es cuando tienen más alterado el equilibrio en el eje antero-posterior.

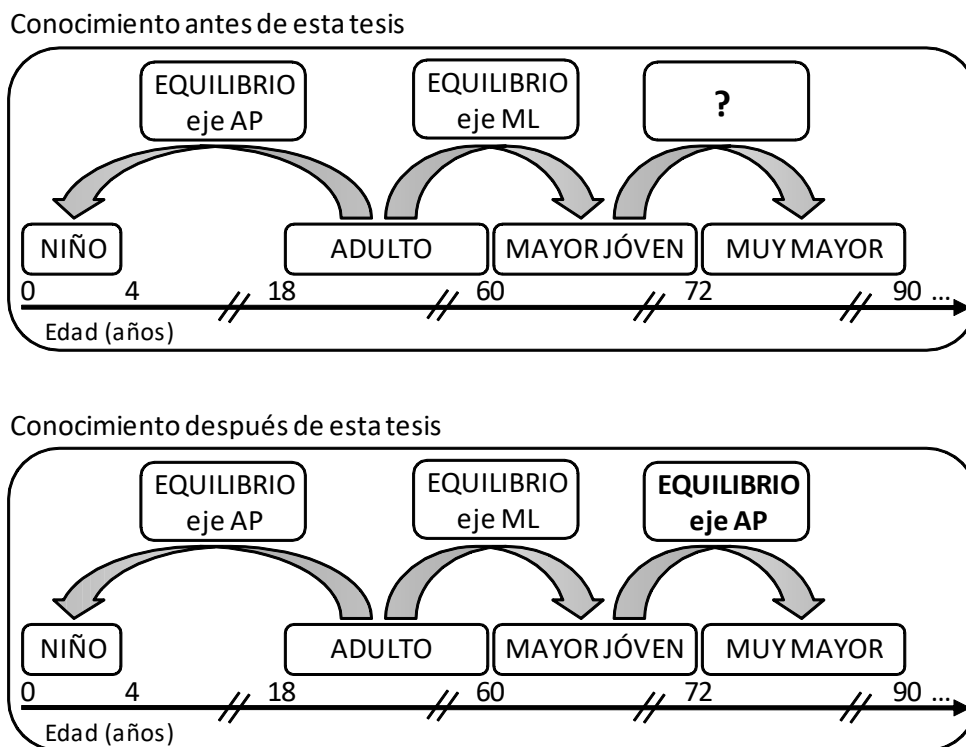


Figura IV-2. Esquema del eje que discrimina el equilibrio según etapa de desarrollo del ser humano. AP: antero-posterior, ML: medio-lateral.

En las personas mayores, adquiere una especial importancia la prevención y el tratamiento de enfermedades crónicas y del declive en la funcionalidad física. El ejercicio físico es un pilar básico para ambos aspectos, puesto que muchos de los efectos negativos asociados al envejecimiento pueden evitarse o revertirse con el ejercicio físico regular (McGuire, et al., 2001; Nelson, et al., 2007), lo que puede suponer una importante disminución del gasto económico (Nelson, et al., 2007). En nuestro estudio abordamos ambos aspectos de prevención y tratamiento del declive en la funcionalidad física de nuestros participantes a través de los objetivos generales segundo (Buscar un modelo global y/o de capacidades motrices de predicción de la marcha funcional) y cuarto (Examinar los efectos de una intervención tradicional de ejercicio físico y una intervención de ejercicio con caballo en la funcionalidad de las personas mayores) de la tesis. El determinar un modelo de predicción puede ayudar a detectar declives en la funcionalidad física de las personas mayores e incidir en los aspectos que pueden modificarlo. En nuestro estudio, el modelo global de predicción de marcha funcional incluyó la fuerza de extremidad inferior a 60º de flexión, la edad y

el nivel de actividad física. Mientras que el modelo de capacidades físicas estaba conformado por la fuerza de extremidad inferior a 60° de flexión y el equilibrio del eje antero-posterior con ojos cerrados. La edad es un aspecto no modificable, sin embargo, la fuerza de piernas, el equilibrio y el nivel de actividad física los podemos mejorar mediante la práctica regular de ejercicio físico. Numerosos estudios han demostrado como intervenciones de ejercicio físico han mejorado diversos aspectos relacionados con la funcionalidad física de personas mayores, incluyendo la composición corporal, la marcha, la fuerza y el equilibrio (Buchner, et al., 1997; Cress, et al., 1999; Giné-Garriga, Guerra, Pagès, et al., 2010; Lord, et al., 1995; Rooks, et al., 1997; Serra-Rexach, et al., 2011; Sipila, et al., 1996). No obstante, no todas las intervenciones de ejercicio mejoran por igual todas las capacidades motrices. Además de las características particulares de la población, parece que la especificidad de los ejercicios que se realicen y la dosis (i.e. tiempo de la intervención, duración de las sesiones, frecuencia semanal) son dos factores que pueden influir en el tipo de beneficios que produce la intervención de ejercicio físico. Además, la presencia de un elemento motivador adicional puede tener una influencia doble en los participantes relacionada con la asistencia y con la intensidad de los ejercicios. Una de nuestras intervenciones incluía como elemento motivador adicional la presencia de un caballo, que puede aumentar la asistencia de los participantes durante la intervención, puede motivar a los participantes a ejercitarse más vigorosamente durante las sesiones y hace que el ejercicio se realice de forma más individualizada. Estas tres influencias son las que nos llevaron a formular la cuarta hipótesis de la tesis (El ejercicio físico produce mejoras en la funcionalidad física de las personas mayores, y se dan mayores mejorías cuando el ejercicio va acompañado de la presencia de un animal). Esta intervención se desarrolló en un centro de hípica con la presencia de caballos instruidos específicamente para trabajar ejercicios con personas. No se trataba de ejercicio pasivo sino que incluía ejercicios de pie a tierra junto al caballo (e.g. ejercicios de cuidado al animal, ejercicios de desplazamiento con el animal) y ejercicios dinámicos montado sobre el caballo. Por otro lado, la otra intervención de nuestro estudio incluyó ejercicio físico más tradicional que se desarrolló en un pabellón deportivo guiada por un experto en ejercicio físico para personas mayores. Ambas

intervenciones incluían contenidos de capacidades motrices (e.g. resistencia cardiovascular, fuerza, equilibrio, coordinación). A pesar que equiparamos el tiempo de ambas intervenciones de nuestro estudio (12 semanas), la duración de cada sesión (60 minutos), la frecuencia semanal (3 días/semana) y los descansos entre sesiones (sesiones en días alternos: lunes, miércoles y viernes), parece que ambas intervenciones no supusieron la misma intensidad para los participantes. Con el fin de cuantificar la carga de entrenamiento de cada una de las sesiones de las intervenciones, en un marco idealista se podrían haber utilizado instrumentos como actihearts, pulsómetros, acelerómetros o GPSs.

Los dos tipos de intervenciones de nuestro estudio reportaron distintos beneficios en los participantes. Dichos beneficios fueron similares en la composición corporal, la fuerza muscular de extremidad inferior y el equilibrio de los participantes. Ambos grupos de intervención mejoraron la masa corporal, el índice de masa corporal y la máxima fuerza isométrica de extensores de rodilla a 60° y 90° de flexión. Tal y como explicamos en la discusión del Capítulo III, la mejora de la fuerza de piernas a 90° fue aproximadamente el doble que la mejora de la fuerza de pierna a 60°, posiblemente porque las personas mayores realizan como actividades de su vida diaria numerosas tareas con angulaciones más parecidas a los 60° que a los 90° de flexión. Al realizar ejercicios con mayor flexión de rodilla en las intervenciones, es posible que presentasen mayor margen de mejora de la fuerza a 90° de flexión de rodilla. Encontramos un efecto en el pico de velocidad en el eje medio-lateral, en el que todos los participantes en su conjunto mejoraron el equilibrio, dichos cambios de equilibrio se observaron fundamentalmente en el grupo de intervención con caballo. Por otro lado, la fuerza de prensión de mano mejoró en el grupo de ejercicio tradicional y en el grupo control; y la velocidad de marcha mejoró únicamente en el grupo del caballo. Se desconocen los motivos de esta divergencia de resultados. No obstante, en cuanto a la fuerza de prensión de mano, es posible que el grupo de ejercicio tradicional mejorase más porque partía de un peor nivel de fuerza inicial, mientras que la mejora del grupo control se explicaría por el inicio del periodo de cultivo paralelamente a la parte final de la intervención. En cuanto a la velocidad de marcha, la ausencia de mejora en el grupo de ejercicio tradicional podría estar relacionada con la velocidad de marcha

inicial, el tipo de ejercicio y su carga en la intervención, las características del lugar de práctica y la especificidad de la intervención (ver sección III.4.1.2 del Capítulo III).

Este último hallazgo parece de especial relevancia, dada la importancia de la velocidad de marcha por su relación con la funcionalidad física e incluso con la mortalidad de las personas mayores. Es destacable, que únicamente la intervención de ejercicio con caballo mejoró su velocidad de marcha. Por lo tanto, podríamos sugerir que este tipo de intervención es más aconsejable que una intervención más tradicional para personas mayores que quieran mejorar su funcionalidad física. Además, tal y como hemos explicado anteriormente puede que la presencia del animal durante la sesión de ejercicio suponga un elemento motivador que tenga una influencia positiva en los participantes. No obstante, el acceso a este tipo de intervenciones es más complejo que a otro tipo de intervenciones más tradicionales. Algunas de estas dificultades pueden estar relacionadas con el lugar de práctica, el adiestramiento de caballo, el miedo al caballo o el coste económico. Un programa de ejercicio físico con caballo precisa de una instalación que no es tan accesible como otros tipos de ubicaciones donde se desarrollan intervenciones de ejercicio físico tradicional (e.g. pabellón deportivo, gimnasio, entorno urbano). Además, el caballo debe ser adiestrado específicamente, igual que los instructores. Estos dos hechos, además pueden incrementar la distancia al lugar de práctica, lo que puede suponer una barrera para enrolarse en un programa de ejercicio con caballo. Hay personas mayores que no pueden participar de un programa de ejercicio físico con caballo porque tienen miedo al animal. Además, la inclusión de un caballo en un programa de ejercicio físico incrementa el coste económico en comparación a un programa de ejercicio físico tradicional.

Una vez se finaliza la intervención de ejercicio físico, los beneficios obtenidos no se retienen en el tiempo indefinidamente. En nuestro estudio, únicamente hubo una retención total a las cuatro semanas de haber finalizado las intervenciones en la fuerza máxima de extensores de rodilla a 90° de flexión de rodilla en EF. En el equilibrio se perdieron totalmente los efectos producidos durante el periodo de intervención. Mientras que en el resto de valoraciones, la retención fue parcial. Independientemente del tipo de intervención de ejercicio que realicen las personas

mayores, para continuar beneficiándose de los efectos positivos del ejercicio sobre el organismo, es necesario continuar con la práctica regular de ejercicio físico.

IV.2. Recomendaciones

En base a la literatura publicada previamente y nuestros hallazgos podemos proponer diversas recomendaciones a tener en cuenta para la elaboración de intervenciones de ejercicio físico para personas mayores que pretendan mejorar o paliar ciertos declives del envejecimiento en la funcionalidad física. Dichas recomendaciones son las siguientes:

Primera, se deben incluir ejercicios para la mejora de la fuerza máxima de extremidad inferior por presentar un clave impacto en la predicción de la marcha funcional.

Segunda, se deben incluir ejercicios encaminados al aumento de la confianza en la capacidad de evitar una caída mediante el control del equilibrio por tratarse de predictores secundarios de la marcha funcional.

Tercera, se deben realizar ejercicios que aumenten las posibilidades de adherencia al ejercicio, puesto que el nivel de actividad física también es un predictor de marcha funcional.

Cuarta, se deben realizar ejercicios de equilibrio que obliguen a experimentar aceleraciones en el plano frontal (eje medio-lateral), por su arraigada relación con la prevención de caídas.

Quinta, cuando los participantes sean muy mayores, se deben realizar ejercicios de equilibrio que obliguen a experimentar aceleraciones en el plano sagital (eje antero-posterior), por su especial deterioro en este extremo de edad.

Sexta, los ejercicios de equilibrio deben incluir condiciones que perturben el control del equilibrio en un contexto de multitareas para que fomente la compartición de atención (i.e. carga cognitiva adicional) o en un contexto de oclusión ocular. Esta consideración simula situaciones desfavorecedoras del control del equilibrio que se pueden dar en la vida cotidiana (e.g. cuando se apaga la luz automática de la portería, conversar con alguien mientras se camina).

Séptima, la presencia de un elemento motivador que pueda fomentar la asistencia y la implicación en los ejercicios (e.g. caballo) puede comportar mayores mejoras en la velocidad de marcha, la fuerza de extremidad inferior y el equilibrio de personas mayores en comparación a una intervención más tradicional.

Octava, la individualización de los ejercicios pueden producir más mejoras que actividades realizadas más grupalmente. Esta consideración asegura la ejecución de los contenidos programados, frente a la posibilidad de poca implicación de los participantes de actividades en grupo.

Novena, deberían incluirse ejercicios específicos de funcionalidad física (e.g. sentarse y levantarse de una silla, caminar en un circuito realizando cambios de dirección), puesto que las intervenciones específicas comportan mayores beneficios.

IV.3. Referencias bibliográficas del capítulo IV

- Bauby, C. E., & Kuo, A. D. (2000). Active control of lateral balance in human walking. *J Biomech*, 33(11), 1433-1440.
- Bauer, C., Groger, I., Rupprecht, R., & Gassmann, K. G. (2008). Intrasession reliability of force platform parameters in community-dwelling older adults. *Arch Phys Med Rehabil*, 89(10), 1977-1982.
- Bean, J. F., Kiely, D. K., Herman, S., Leveille, S. G., Mizer, K., Frontera, W. R., et al. (2002). The relationship between leg power and physical performance in mobility-limited older people. *J Am Geriatr Soc*, 50(3), 461-467.
- Bellew, J. W., Yates, J. W., & Gater, D. R. (2003). The initial effects of low-volume strength training on balance in untrained older men and women. *J Strength Cond Res*, 17(1), 121-128.
- Bohannon, R. W. (1997). Comfortable and maximum walking speed of adults aged 20-79 years: reference values and determinants. *Age Ageing*, 26(1), 15-19.
- Bohannon, R. W. (2008). Population representative gait speed and its determinants. *J Geriatr Phys Ther*, 31(2), 49-52.
- Buchner, D. M., Cress, M. E., de Lateur, B. J., Esselman, P. C., Margherita, A. J., Price, R., et al. (1997). The effect of strength and endurance training on gait, balance, fall risk, and health services use in community-living older adults. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 52(4), M218-224.
- Buchner, D. M., Cress, M. E., Esselman, P. C., Margherita, A. J., de Lateur, B. J., Campbell, A. J., et al. (1996). Factors associated with changes in gait speed in older adults. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 51(6), M297-302.
- Buchner, D. M., Larson, E. B., Wagner, E. H., Koepsell, T. D., & de Lateur, B. J. (1996). Evidence for a non-linear relationship between leg strength and gait speed. *Age Ageing*, 25(5), 386-391.
- Callisaya, M. L., Blizzard, L., Schmidt, M. D., McGinley, J. L., Lord, S. R., & Srikanth, V. K. (2009). A population-based study of sensorimotor factors affecting gait in older people. *Age Ageing*, 38(3), 290-295.
- Cesari, M., Kritchevsky, S. B., Newman, A. B., Simonsick, E. M., Harris, T. B., Penninx, B. W., et al. (2009). Added value of physical performance measures in predicting adverse health-related events: results from the Health, Aging And Body Composition Study. *J Am Geriatr Soc*, 57(2), 251-259.
- Chang, R. W., Dunlop, D., Gibbs, J., & Hughes, S. (1995). The determinants of walking velocity in the elderly. An evaluation using regression trees. *Arthritis Rheum*, 38(3), 343-350.
- Chodzko-Zajko, W. J., Proctor, D. N., Fiatarone Singh, M. A., Minson, C. T., Nigg, C. R., Salem, G. J., et al. (2009). American College of Sports Medicine position stand. Exercise and physical activity for older adults. *Med Sci Sports Exerc*, 41(7), 1510-1530.
- Cress, M. E., Buchner, D. M., Questad, K. A., Esselman, P. C., deLateur, B. J., & Schwartz, R. S. (1999). Exercise: effects on physical functional performance in independent older adults. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 54(5), M242-248.

- Cress, M. E., Schechtman, K. B., Mulrow, C. D., Fiatarone, M. A., Gerety, M. B., & Buchner, D. M. (1995). Relationship between physical performance and self-perceived physical function. *J Am Geriatr Soc*, *43*(2), 93-101.
- Danneskiold-Samsøe, B., Bartels, E. M., Bülow, P. M., Lund, H., Stockmarr, A., Holm, C. C., et al. (2009). Isokinetic and isometric muscle strength in a healthy population with special reference to age and gender. *Acta Physiol (Oxf)*, *197*, 1-68.
- Era, P., Sainio, P., Koskinen, S., Haavisto, P., Vaara, M., & Aromaa, A. (2006). Postural balance in a random sample of 7,979 subjects aged 30 years and over. *Gerontology*, *52*(4), 204-213.
- Giné-Garriga, M., Guerra, M., Manini, T. M., Mari-Dell'Olmo, M., Pagès, E., & Unnithan, V. B. (2010). Measuring balance, lower extremity strength and gait in the elderly: construct validation of an instrument. *Arch Gerontol Geriatr*, *51*(2), 199-204.
- Giné-Garriga, M., Guerra, M., Pagès, E., Manini, T. M., Jiménez, R., & Unnithan, V. B. (2010). The effect of functional circuit training on physical frailty in frail older adults: a randomized controlled trial. *J Aging Phys Act*, *18*(4), 401-424.
- Heinrich, S., Rapp, K., Rissmann, U., Becker, C., & König, H. H. (2010). Cost of falls in old age: a systematic review. *Osteoporos Int*, *21*(6), 891-902.
- Hernandez, A., Silder, A., Heiderscheit, B. C., & Thelen, D. G. (2009). Effect of age on center of mass motion during human walking. *Gait Posture*, *30*(2), 217-222.
- Instituto de Mayores y Servicios Sociales. (2009). *Las personas mayores en España. Datos estadísticos estatales y por Comunidades Autónomas. Informe 2008*. (Ministerio de Sanidad y Política Social. Secretaría General de Política Social. ed.). Madrid.
- Kelly-Hayes, M., Jette, A. M., Wolf, P. A., D'Agostino, R. B., & Odell, P. M. (1992). Functional limitations and disability among elders in the Framingham Study. *Am J Public Health*, *82*(6), 841-845.
- Kline Mangione, K., Craik, R. L., Lopopolo, R., Tomlinson, J. D., & Brenneman, S. K. (2008). Predictors of gait speed in patients after hip fracture. *Physiother Can*, *60*(1), 10-18.
- Kluding, P., & Gajewski, B. (2009). Lower-extremity strength differences predict activity limitations in people with chronic stroke. *Phys Ther*, *89*(1), 73-81.
- Laughton, C. A., Slavin, M., Katdare, K., Nolan, L., Bean, J. F., Kerrigan, D. C., et al. (2003). Aging, muscle activity, and balance control: physiologic changes associated with balance impairment. *Gait Posture*, *18*(2), 101-108.
- Laukkanen, P., Leskinen, E., Kauppinen, M., Sakari-Rantala, R., & Heikkinen, E. (2000). Health and functional capacity as predictors of community dwelling among elderly people. *J Clin Epidemiol*, *53*(3), 257-265.
- Lauretani, F., Russo, C. R., Bandinelli, S., Bartali, B., Cavazzini, C., Di Iorio, A., et al. (2003). Age-associated changes in skeletal muscles and their effect on mobility: an operational diagnosis of sarcopenia. *J Appl Physiol*, *95*(5), 1851-1860.
- Looper, J., Wu, J., Angulo Barroso, R., Ulrich, D., & Ulrich, B. D. (2006). Changes in step variability of new walkers with typical development and with Down syndrome. *J Mot Behav*, *38*(5), 367-372.
- Lord, S. R., Lloyd, D. G., & Li, S. K. (1996). Sensori-motor function, gait patterns and falls in community-dwelling women. *Age Ageing*, *25*(4), 292-299.

- Lord, S. R., Ward, J. A., Williams, P., & Strudwick, M. (1995). The effect of a 12-month exercise trial on balance, strength, and falls in older women: a randomized controlled trial. *J Am Geriatr Soc*, *43*(11), 1198-1206.
- Luna-Heredia, E., Martin-Pena, G., & Ruiz-Galiana, J. (2005). Handgrip dynamometry in healthy adults. *Clin Nutr*, *24*(2), 250-258.
- Lusardi, M. M., Pellecchia, G. L., & Schulman, M. (2003). Functional Performance in Community Living Older Adults. *J Geriatr Phys Ther*, *26*(3), 14-22.
- McGuire, D. K., Levine, B. D., Williamson, J. W., Snell, P. G., Blomqvist, C. G., Saltin, B., et al. (2001). A 30-Year Follow-Up of the Dallas Bed Rest and Training Study: I. Effect of Age on the Cardiovascular Response to Exercise. *Circulation*, *104*(12), 1350-1357.
- Nagy, E., Feher-Kiss, A., Barnai, M., Domjan-Preszner, A., Angyan, L., & Horvath, G. (2007). Postural control in elderly subjects participating in balance training. *Eur J Appl Physiol*, *100*(1), 97-104.
- Nelson, M. E., Rejeski, W. J., Blair, S. N., Duncan, P. W., Judge, J. O., King, A. C., et al. (2007). Physical activity and public health in older adults: recommendation from the American College of Sports Medicine and the American Heart Association. *Circulation*, *116*(9), 1094-1105.
- Owings, T. M., & Grabiner, M. D. (2004). Step width variability, but not step length variability or step time variability, discriminates gait of healthy young and older adults during treadmill locomotion. *J Biomech*, *37*(6), 935-938.
- Piirtola, M., & Era, P. (2006). Force platform measurements as predictors of falls among older people - a review. *Gerontology*, *52*(1), 1-16.
- Raymakers, J. A., Samson, M. M., & Verhaar, H. J. (2005). The assessment of body sway and the choice of the stability parameter(s). *Gait Posture*, *21*(1), 48-58.
- Ringsberg, K., Gerdhem, P., Johansson, J., & Obrant, K. J. (1999). Is there a relationship between balance, gait performance and muscular strength in 75-year-old women? *Age Ageing*, *28*(3), 289-293.
- Rooks, D. S., Kiel, D. P., Parsons, C., & Hayes, W. C. (1997). Self-paced resistance training and walking exercise in community-dwelling older adults: effects on neuromotor performance. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, *52*(3), M161-168.
- Schluskel, M. M., dos Anjos, L. A., de Vasconcellos, M. T., & Kac, G. (2008). Reference values of handgrip dynamometry of healthy adults: a population-based study. *Clin Nutr*, *27*(4), 601-607.
- Serra-Rexach, J. A., Bustamante-Ara, N., Hierro Villaran, M., Gonzalez Gil, P., Sanz Ibanez, M. J., Blanco Sanz, N., et al. (2011). Short-Term, Light- to Moderate-Intensity Exercise Training Improves Leg Muscle Strength in the Oldest Old: A Randomized Controlled Trial. *J Am Geriatr Soc*, *59*(4), 594-602.
- Shinkai, S., Watanabe, S., Kumagai, S., Fujiwara, Y., Amano, H., Yoshida, H., et al. (2000). Walking speed as a good predictor for the onset of functional dependence in a Japanese rural community population. *Age Ageing*, *29*(5), 441-446.
- Sipila, S., Multanen, J., Kallinen, M., Era, P., & Suominen, H. (1996). Effects of strength and endurance training on isometric muscle strength and walking speed in elderly women. *Acta Physiol Scand*, *156*(4), 457-464.

- Steffen, T. M., Hacker, T. A., & Mollinger, L. (2002). Age- and gender-related test performance in community-dwelling elderly people: Six-Minute Walk Test, Berg Balance Scale, Timed Up & Go Test, and gait speeds. *Phys Ther*, *82*(2), 128-137.
- Studenski, S., Perera, S., Patel, K., Rosano, C., Faulkner, K., Inzitari, M., et al. (2011). Gait speed and survival in older adults. *JAMA*, *305*(1), 50-58.
- Swanenburg, J., de Bruin, E. D., Uebelhart, D., & Mulder, T. (2009). Compromising postural balance in the elderly. *Gerontology*, *55*(3), 353-360.
- Takata, Y., Ansai, T., Soh, I., Awano, S., Yoshitake, Y., Kimura, Y., et al. (2010). Quality of life and physical fitness in an 85-year-old population. *Arch Gerontol Geriatr*, *50*(3), 272-276.
- Vogel, T., Brechat, P. H., Lepretre, P. M., Kaltenbach, G., Berthel, M., & Lonsdorfer, J. (2009). Health benefits of physical activity in older patients: a review. *Int J Clin Pract*, *63*(2), 303-320.
- Washburn, R. A., Smith, K. W., Jette, A. M., & Janney, C. A. (1993). The Physical Activity Scale for the Elderly (PASE): development and evaluation. *J Clin Epidemiol*, *46*(2), 153-162.

Agradecimientos

Quiero transmitir mi más sincera gratitud a todas aquellas personas que han contribuido durante estos últimos años en el proceso de aprendizaje de mi tesis doctoral. Este proceso me ha permitido formarme académicamente y crecer como persona gracias a vuestro apoyo.

A **Rosa Angulo-Barroso**, mi directora de tesis, por ofrecerme su ayuda y confiar en mí para hacer mi tesis dentro del proyecto Método Centauro de revitalización en la tercera edad. Su pasión por la investigación y su incesante predisposición a enseñar ha hecho que disfrute durante este gratificante proceso de aprendizaje.

A mis compañeros investigadores de INEFC Barcelona. A **Albert Busquets** por la generosidad de su conocimiento, su infinito altruismo y su disposición a escucharme. A **Sergio Rodríguez, Dani Moreno y Robert Usach** por acompañarme en mi formación como investigadora y proporcionarme tantos momentos amenos en el laboratorio y fuera de él.

A los compañeros del PAFES que me acompañaron en mis inicios y me apoyaron incondicionalmente en el cambio de rumbo. **Juanjo García** fue y es un ejemplo a nivel laboral y personal, su implicación y cariño en lo que hace lo convierten en excelente compañero y mejor persona. **Mariona Violán** desde su experiencia transmite el sentido de la buena praxis y me enseñó a relativizar la importancia de las cosas. **Alba Pardo**, agradezco su visión crítica de la investigación que tanto me hace reflexionar y su comprensión frente a las prioridades personales.

A **Mario Lloret** por abrirme las puertas de la investigación y mostrarme su apoyo continuo en todo este proceso.

A todas las **personas mayores** que participaron en el estudio. Esta tesis doctoral no hubiese sido posible sin su implicación.

A **Joan Antoni Prat**, como jefe de proyecto y a Rosa Angulo-Barroso como investigadora principal del proyecto por hacer posible el proyecto.

A **Andromeda Fundació**, promotora del Método Centauro, por aportar los especialistas en Hipología para desarrollar todas las sesiones prácticas con caballo y por la financiación del proyecto.

A **Albert Iricibar**, por toda su implicación coordinando el proyecto y su incansable predisposición a resolver cualquier duda con una sonrisa.

A **Toni Planas** por su ayuda en todas las consultas de su ámbito.

A la **Hípica d'Alcarràs** por hacer posible la intervención de ejercicio físico con caballos.

A INEFC Catalunya. A **INEFC Barcelona** por proporcionarme un entorno favorable para el desarrollo de la tesis y hacerme sentir integrada en la casa como una más. A **INEFC Lleida** por facilitar espacios de valoración y estudiantes voluntarios.

A los compañeros de INEFC Lleida que participaron en las intervenciones. **Jordi Ticó**, **Laura** y **Marta** en la intervención de ejercicio físico tradicional y alumnos de la primera promoción del Máster Hipología junto con los profesores **Roser Comes**, **Albert Permanyer** y **Wilka Pascual** en la intervención de ejercicio con caballo.

A **Irene Fernández**, **Josep Blázquez**, **Vicente Beltran**, **Helena Frutos**, **Consuelo García**, **Jordi Ticó**, **Wilka Pascual**, **Divina Farreny**, **Valvanera Caballero** y **Merxe Puertolas** por participar en las valoraciones del proyecto.

A **Anna Requesens** de l'**Ajuntament d'Alcarràs** por facilitar el contacto con los participantes e instalaciones para el proyecto.

Muy especialmente a mi familia: **M^a Luisa**, **José**, **Javi** y **Ernesto**, que han sido tan comprensivos con mis ausencias durante este periodo y siempre me han apoyado en las decisiones que he tomado en la vida. Gracias por hacerme sentir tan querida.

Y para finalizar, gracias al apoyo de la *Secretaria General de l'Esport* y del *Departament d'Innovació, Universitats i Empresa*, del INEFC Barcelona y del *Centre d'Alt Rendiment (CAR)* de Sant Cugat del Vallès.

Anexos

Anexo 01. Informe favorable del comité ético del *Hospital Arnau de Vilanova*



hospital universitari
arnau de vilanova

De: President del CEIC
A: Dra. Rosa Angulo Barroso

Assumpte: Projecte de codi CEIC / 438 titulat: "**Mètode Centauro de Revitalització a la Tercera Edat**" a l'Institut Nacional d'Educació Física de Catalunya INEFC de Lleida

Us adjuntem l'aprovació del vostre projecte que ha estat avaluat pel CEIC a la reunió extraordinària del mes de març de 2006.

Us recordem que cal informar al CEIC de l'inici de l'estudi, de la marxa del projecte, dels resultats i de l'acabament de l'estudi.

Atentament,

Joan Antoni Schoenenberger Arnaiz
President

Lleida, 16 de març de 2006

Anexo 02. Informe favorable del comité ético de la *Administració Esportiva de la Generalitat de Catalunya*

Doña Sílvia Aranda García, investigadora del proyecto titulado *Método Centauro de revitalización en la tercera edad* y doctorando cuyo título de tesis es *Valoración e intervención de ejercicio físico en personas mayores: funcionalidad, equilibrio y fuerza*.

Declaro que:

El proyecto anteriormente citado fue aprobado con fecha de 16 de marzo del 2006 por el Comité Ético de Investigación Clínica del Hospital Universitari Arnau de Vilanova de Lleida, con el Sr. Joan Antoni Schoenenberger Arnaiz como Presidente.

El proceso de recogida de datos del proyecto finalizó en el año 2008 y no habrá más contacto con los sujetos. Asimismo, los datos personales de los participantes no serán conocidos por los investigadores colaboradores durante el proceso de tratamiento de datos y publicaciones de los mismos que en su mayoría se realizan en el Instituto Nacional de Educación Física de Cataluña INEFC Lleida.

No obstante, existe una excepción la cual es el motivo de la presente solicitud. Una parte del tratamiento de datos del proyecto y su futura publicación se utilizará para la elaboración de mi tesis doctoral titulada *Valoración e intervención de ejercicio físico en personas mayores: funcionalidad, equilibrio y fuerza*, la cual llevo a cabo en el Instituto Nacional de Educación Física de Cataluña INEFC Barcelona. Siguiendo la normativa de ética me comprometo a preservar la confidencialidad de los datos que se han obtenido en este proyecto.

Solicito:

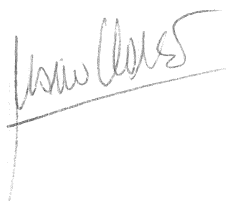
Que el Comité de Ética de investigaciones clínicas de la Administración deportiva de Cataluña emita el informe correspondiente para que datos parciales del Proyecto *Método Centauro de revitalización en la tercera edad* puedan ser analizados en el Instituto Nacional de Educación Física de Cataluña INEFC Barcelona y no en el Instituto Nacional de Educación Física de Cataluña INEFC Lleida tal y como se había aprobado anteriormente.

IP del proyecto y

Co-directora de Tesis



Co-director de Tesis



Doctorando e

Investigadora colaboradora



Barcelona 18 de Diciembre del 2009

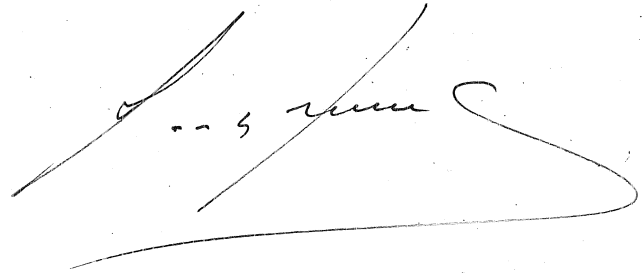
**CARLES TRULLOLS I CLEMENTE, SECRETARI DEL COMITÈ D'ÈTICA
D'INVESTIGACIONS CLÍNiques DE L'ADMINISTRACIÓ ESPORTIVA DE
LA GENERALITAT DE CATALUNYA**

CERTIFICO:

Que en la reunió del citat Comitè d'Ètica, duta a terme el dia 9 de febrer de 2010, es va acordar avaluar favorablement el protocol presentat per la Sra. Silvia Aranda Garcia titulat "**Método Centauro de revitalización en la tercera edad**"

La qual cosa faig constar als efectes oportuns

Esplugues de Llobregat, 10 de febrer de 2010



Anexo 03. Consentimiento informado

CONSENTIMIENTO PARA PARTICIPAR EN UNA INVESTIGACIÓN

INFORMACIÓN SOBRE ESTE DOCUMENTO

Usted puede ser elegido para participar en un estudio de investigación. Este documento le da información importante sobre el estudio. En él se describen los objetivos del estudio y los posibles riesgos y beneficios por participar.

Por favor, lea detenidamente este documento. Al terminar, debe hablar con el investigador para aclarar cualquier duda. Si decide participar en este estudio, le pediremos que firme este documento en la última página. Antes de firmar, asegúrese de que entiende el objetivo de dicho estudio y cuales son los posibles beneficios y riesgos.

1. INFORMACIÓN GENERAL SOBRE EL ESTUDIO E INVESTIGADORES

1.1 Título del estudio:

Método Centauro de revitalización en la tercera edad.

1.2 Compañía o agencia que patrocina el estudio:

INEFC, Universitat de Lleida, Andròmeda Fundació y Ayuntamiento de Alcarràs.

1.3 Nombre y afiliación del principal investigador(es) responsable de este estudio:

Rosa Angulo Barroso, PhD, Profesora, Kinesiology, University of Michigan.

Joan Antoni Prat-Subirana, Profesor, INEFC-Lleida

2. OBJETIVO DEL ESTUDIO

2.1 Objetivo del estudio:

Demostrar la eficacia del Método Centauro en la mejora de la calidad de vida de las personas de la tercera edad.

Demostrar la superioridad del Método Centauro en contraste con un método tradicional de actividad física en la mejora de la calidad de vida de las personas de la tercera edad.

Demostrar la superioridad del Método Centauro en contraste con un método de intervención lúdico-cultural en la mejora de la calidad de vida de las personas de la tercera edad.

3. INFORMACIÓN SOBRE LOS PARTICIPANTES

Participar en este estudio es completamente **voluntario**. No tiene que participar si no quiere. Puede retirarse de este estudio en cualquier momento sin ninguna penalización.

3.1 ¿Quién puede participar en este estudio?

Personas de la tercera edad entre 65 y 85 años de edad, que son ambulantes independientes (caminar sin ninguna ayuda), y que no sufren enfermedades neuronales degenerativas centrales o periféricas. Además, tiene que gustarle la práctica de la actividad física y la interacción con el caballo. Un médico especialista hará una valoración clínica de su condición de salud para determinar si puede o no participar en este estudio.

3.2 ¿Cuántas personas formarán parte de este estudio?

Sesenta. (60)

4. INFORMACIÓN SOBRE LOS PROCEDIMIENTOS DEL ESTUDIO

4.1 ¿Qué es lo que se me hará exactamente en este estudio? ¿Qué clase de procedimientos de investigación se me realizarán si decido participar en este estudio?

Este Estudio tiene dos componentes: EVALUACIONES e INTERVENCIONES. Las intervenciones serán de tres tipos y cada participante será asignado a una intervención de forma aleatoria, es decir a modo de sorteo.

Inicialmente, se realizará una evaluación clínica por un médico experto para comprobar que su estado de salud es adecuado para participar en este estudio. Si la valoración clínica es positiva, se le invitará a participar en el estudio. En caso contrario se le explicaran las razones por las que se le niega la participación.

EVALUACIONES: Durante las evaluaciones, mediremos sus características físicas, cognitivas, y emocionales, y su rendimiento en pruebas como balance corporal, marcha, y velocidad de reacción. Realizaremos 4 evaluaciones durante el curso del estudio. Dos de ellas se efectuarán antes del inicio de la intervención, y otras dos al terminar la intervención. Todas las evaluaciones serán idénticas entre ellas y por lo tanto describiremos sólo una. Tomando como referencia el inicio de la intervención, la primera evaluación será entre 6-8 semanas antes, y la segunda será entre 2-4 semanas antes. Las dos evaluaciones de después de la intervención, serán justo al acabarla, y después de 6 semanas. En cada evaluación, mediremos variables biomecánicas (fuerza muscular, rango de movimiento, pliegues cutáneos, control postural, marcha, y tiempos de reacción), variables psicológicas (nivel cognitivo, memoria, atención, personalidad, calidad de vida, y estado de depresión), y finalmente variables fisiológicas (presión arterial, respuesta cardíaca, y nivel de actividad física) y de movilidad (máxima velocidad de marcha, subida y bajada de escaleras, y de sentarse y levantarse). La duración total de dicha evaluación será de 2 horas y media. Se proporcionará descansos cada 20-30 minutos para evitar la fatiga.

INTERVENCIONES: Cada intervención durará 12 semanas con una frecuencia de sesiones de 3 días por semana. A modo de sorteo, usted será asignado a un tipo de intervención DESPUÉS de que haya aceptado participar en el estudio. Es sólo de esta forma que podemos mantener el rigor científico necesario para deducir causalidad. Las tres posibilidades son: (1) intervención de actividades físicas CON un caballo, (2) intervención de actividades físicas SIN caballo, y (3) intervención de actividades lúdico-culturales.

En la intervención CON caballo (Centauro), se realizarán actividades como hacer caminar al caballo, limpiarlo, e incluso montarlo dependiendo de sus capacidades.

En la intervención SIN caballo, se realizarán actividades como caminar, bailar, juegos recreativos incluyendo tiro, lanzamiento, petanca, etc....

En la intervención lúdico-cultural se realizarán actividades como jugar a las cartas, bingo, películas, tareas plásticas manuales, etc...

4.2 ¿Cuánto tiempo es necesario para participar en este estudio? ¿Cuándo habré terminado con este estudio?

La duración total de este estudio es de aproximadamente de 7 meses. El inicio del mismo es el día 11 de febrero de 2008, y el final es el 15 de Septiembre del 2008. Usted deberá participar en 4 sesiones de evaluación con una duración de 2 horas y media cada una. Además, deberá tomar parte en la intervención de 12 semanas con sesiones de actividades 3 días a la semana (lunes, miércoles y viernes), entre 1 y 2 horas de duración por sesión.

Un ejemplo de su calendario sería:

Valoración clínica: 13 febrero

Evaluación 1: 25 febrero

Evaluación 2: 25 marzo

Inicio de la intervención: 23 abril

(Sesiones de actividades 3 días a la semana, lunes, miércoles y viernes, de 5 a 7 de la tarde, durante 12 semanas)

Final de la intervención: 11 julio

Evaluación 3: 17 julio

Evaluación 4: 4 de septiembre

5. INFORMACIÓN SOBRE RIESGOS Y BENEFICIOS

5.1 ¿Qué riesgos corro al participar en este estudio? ¿Qué es lo que los investigadores hacen para protegerme de estos riesgos?

Los riesgos que se prevén son mínimos. En las evaluaciones a realizar en el INEF de Lleida, ninguna actividad supone un esfuerzo máximo, excepto en las evaluaciones de fuerza. En este caso, realizaremos ejercicios de calentamiento y una práctica para evitar lesiones. Durante la intervención, los ejercicios a ejecutar estarán programados por expertos, con una carga y volumen de esfuerzo sólo un poco por encima de lo que habitualmente hace. Además, siempre se harán ejercicios de calentamiento y estiramientos para facilitar la recuperación y evitar lesiones. Los caballos que se utilizan en la intervención Centauro, están adiestrados para ser dóciles y cuidadosos con las personas.

5.2 ¿Qué ocurre si me lesiono, o tengo algún problema como resultado de este estudio?

Los investigadores toman todas las precauciones para minimizar ningún problema. En el caso de que crea que se ha lesionado por culpa de este estudio, contacte con el investigador en la sección 9 de este documento. El Ayuntamiento de Alcarràs proporcionará un seguro médico para cubrir posibles gastos. Así mismo, los investigadores coordinarán los cuidados de emergencia si fueran necesarios.

Por favor: Es muy importante que comunique a los investigadores de cualquier dolor, lesiones, o problemas que le ocurran durante este estudio.

5.3 Si participo en este estudio, ¿puedo participar en otros estudios?

Participar en más de un estudio puede aumentar el riesgo de problemas o lesiones. Además puede afectar los resultados. Por lo tanto, no debe participar en más de un estudio sin el consentimiento explícito del investigador principal.

5.4 ¿Qué beneficios puedo obtener al participar en este estudio? ¿Pueden otras personas beneficiarse a través de este estudio?

Puede que no obtenga ningún beneficio por participar en este estudio aunque nosotros creemos que los sujetos participantes obtendrán el beneficio de la intervención. Ahora bien, el efecto puede variar desde mínimo a un gran efecto. En cualquier caso, todos los sujetos disfrutarán de unas actividades gratuitas y recibirán un chequeo clínico, una valoración de su rendimiento y comportamiento en áreas como el balance postural, marcha, coordinación, memoria, depresión, etc.

Los resultados de este estudio pueden ayudar a planificar programas de intervención en la tercera edad que sean más efectivos, así mejorando la calidad de vida de muchas otras personas con problemas de envejecimiento.

6. TERMINANDO EL ESTUDIO

6.1 Si quiero retirarme de este estudio, ¿qué debo hacer?

Puede retirarte del estudio en cualquier momento. Si lo hace antes de que el estudio se haya terminado, no habrá ninguna penalización. Sus razones por retirarse del estudio antes de que se acabe y los datos recogidos hasta ese momento serán datos que formarán parte del estudio. Por favor, contacte con el investigador principal en la sección 9 de este documento si desea retirarse antes del final del estudio.

6.2 ¿Pueden los investigadores retirarme del estudio incluso si quiero continuar participando?

Si, puede haber numerosas razones para que los investigadores determinen la finalización de su participación. Algunos ejemplos son:

- ✓ Los investigadores creen que no es de su mejor interés el continuar.
- ✓ Sus circunstancias cambian y algún criterio de exclusión es ahora aplicable a su caso.

- ✓ No sigue las instrucciones de los investigadores, como no presentarte en las evaluaciones o en las sesiones de la intervención.

7. INFORMACIÓN FINANCIERA

7.1. ¿Me pagarán o me darán alguna cosa por participar en este estudio?

Por la participación en este estudio no obtendrá ninguna remuneración económica por parte de los organizadores.

8. CONFIDENCIALIDAD DE LOS DATOS DE LOS SUJETOS

Su información personal será protegida.

8.1 ¿Cómo se protege mi privacidad?

Toda la información recogida en este estudio será confidencial. Todos los datos recogidos, tanto personales como de rendimiento, serán guardados en lugar seguro en el cual sólo el personal científico tendrá acceso. Cada participante será referido por una clave de identificación, y sólo el coordinador del proyecto conocerá la relación entre los datos personales y el código de identificación. El resto del personal científico, sólo conocerá el primer nombre del sujeto y su clave de identificación. Ninguna referencia personal se realizará en cualquiera de las publicaciones o presentaciones que se realicen del estudio a no ser que el participante de permiso por escrito.

9. INFORMACIÓN CONTACTO

9.1 ¿Con quién contacto sobre este estudio?

Por favor, contacta con los investigadores listados aquí para:

- Obtener más información sobre el estudio
- Preguntar algo sobre los procedimientos
- Consultar sobre algún problema o lesión
- Terminar tu participación antes del final del estudio

Joan Antoni Prat i Subirana, al [REDACTED]

Anna Requesens, al [REDACTED]

Albert Iricibar al [REDACTED] ext. 288 ó [REDACTED]

Divina Farreny al [REDACTED]

10. INFORMACIÓN RECIBIDA

10.1 ¿Qué documentos se me entregaran?

Su firma en este documento significa que ha recibido una copia de los siguientes documentos:

1. Consentimiento informado. *(Nota: Además de la copia que se le entrega, otra copia será guardada como parte confidencial de sus documentos del estudio).*

11. FIRMAS

Participante de la investigación:

Yo,

(Nombre y apellidos en mayúsculas)

He leído y entiendo la información de este documento.

He hablado sobre este estudio, sus riesgos y sus beneficios, con _____.
Mis preguntas han sido contestadas.

Comprendo que:

- 1. Mi participación es voluntaria*
- 2. Que no me supone ningún beneficio directo*
- 3. Que la no aceptación de participar en este estudio no repercutirá en mis cuidados médicos*
- 4. Que la información obtenida de este estudio es confidencial*

Firma del Sujeto: _____ Fecha: _____

Teléfono: _____ Fecha de Nacimiento: _____

Calle: _____ Nº: _____ Piso: _____ Nº SS.: _____

Sujeto ID: _____

Investigador Principal (o Colaborador):

He entregado a este sujeto de investigación información sobre el estudio. El sujeto ha indicado que entiende el objetivo y las implicaciones de su participación.

Nombre: _____ Título: _____

Firma: _____ Fecha de la firma: _____

Anexo 04. Hoja de registro de la toma de datos

ID: _____ Sesión: _____ Examinador: _____
 Hora (hh:mm): _____ Fecha de registro (dd/mm/aaaa): _____

BIOMECAÁNICA

Nº Cinta de video _____ Tiempo Inicio _____

CODIGOS DE SESION: M1, M2, M3, M4

CODIGOS CONDICION: OA, OC (Orden aleatorio); CC, MA (aleatorio)

CÓDIGO REPETICIÓN: 01, 02, 03.

Nombre Archivo: Sesión + núm. ID sujeto + Condición + Repetición

3 Repeticiones en cada condición.

Orden de pruebas:

VELOCIDAD DE MARCHA

Sesión	Variable	Tiempo	Comentario
	1ª Medida		
	2ª Medida		
	3ª Medida		

EQUILIBRIO SEMI-ESTATICO Y FUNCIONAL

Número	Condición	Fichero	Comentario
1.			
2.			
3.			
4.			
5.			
6.			
7.			
8.			
9.			
10.			
11.			
12.			

Distancia de Base de sustentación:

BS_{A-P} = _____ BS_{M-L} = _____

ID: _____ Sesión: _____ Examinador: _____
 Hora (hh:mm): _____ Fecha de registro (dd/mm/aaaa): _____

FUERZA

CYBEX (pierna)

Variable		Comentario		Comentario
RIGHT	60°		90°	
1ª Test				
2ª Mesura				
3ª Mesura				
F. Max.				
F.Max. %				
Temps (seg)				

Variable		Comentario		Comentario
LEFT	60°		90°	
1ª Test				
2ª Mesura				
3ª Mesura				
F. Max.				
F.Max. %				
Temps (seg)				

HAND GRIP (mano)

Rep.	RIGHT	Comentario
1ª Mesura		
2ª Mesura		
3ª Mesura		

Rep.	LEFT	Comentario
1ª Mesura		
2ª Mesura		
3ª Mesura		

Anexo 05. Índice de tablas y figuras

Índice de tablas

Tabla I-1. Valores de referencia de máxima velocidad de marcha y velocidad de marcha preferida por sexo y década de edad	14
Tabla I-2. Fuerza de extensores de rodilla en pierna dominante por autor, edad y sexo.....	22
Tabla I-3. Máxima fuerza de presión de la mano (Kg) por autor. Estratificado por sexo y década de edad	23
Tabla I-4. Parámetros del balanceo postural de dos grupos de edad: 21-45 y 61-78 años	32
Tabla I-5. Parámetros del balanceo postural con ojos abiertos y ojos cerrados. Estratificado por edad	33
Tabla I-6. Valores de referencia de variables de equilibrio para personas mayores (≥60 años). Condiciones: ojos abiertos y ojos cerrados	34
Tabla I-7. Valores de referencia de variables de equilibrio por condiciones (ojos abiertos y carga cognitiva -contar hacia de siete en siete-) y grupo de edad.....	35
Tabla II-1. Variables generales, de velocidad de marcha, de fuerza y de equilibrio con sus respectivas unidades de medida y descripción	105
Tabla II-2. Características descriptivas de toda la muestra de participantes.....	108
Tabla II-3. Fuerza máxima de extensores de rodilla y de presión de mano por lado y máximo valor de toda la muestra	108
Tabla II-4. Base de sustentación y variables de equilibrio por condiciones y ejes de toda la muestra.....	109
Tabla II-5. Análisis de la varianza de las variables de equilibrio. Tres condiciones: ojos abiertos (OA), ojos cerrados (OC) y carga cognitiva (CC). Toda la muestra ..	113
Tabla II-6. Descripción de la muestra de participantes por grupo de edad y valor de significancia del t-test y de la prueba de chi-cuadrado.....	115
Tabla II-7. Fuerza máxima de extensores de rodilla y de presión de mano por subgrupo de edad, lado y máximo valor	116
Tabla II-8. Base de sustentación y variables de equilibrio por condiciones, edad y ejes.....	117

Tabla II-9. Análisis de la varianza de las variables de equilibrio. Dos grupos de edad, tres condiciones y la interacción condición por edad.	123
Tabla II-10. Características descriptivas de la muestra de participantes por sexo	124
Tabla II-11. Fuerza máxima de extensores de rodilla y de prensión de mano por sexo, lado y máximo valor.	125
Tabla II-12. Base de sustentación y variables de equilibrio por condiciones, sexo y ejes.....	126
Tabla II-13. Análisis de la varianza de las variables de equilibrio. Tres condiciones: ojos abiertos (OA), ojos cerrados (OC) y carga cognitiva. Muestra de mujeres ...	130
Tabla III-1. Variables generadas.....	171
Tabla III-2. Descriptiva de las variables generales y la velocidad de marcha por momentos y por grupos	173
Tabla III-3. Descriptiva de las variables de fuerza muscular máxima isométrica, por momentos y por grupos	174
Tabla III-4a. Descriptiva de las variables de equilibrio del grupo de intervención de ejercicio físico tradicional (n=12) por momentos y condiciones.....	175
Tabla III-4b. Descriptiva de las variables de equilibrio del grupo de intervención de ejercicio físico con caballo (n=9) por momentos y condiciones.....	176
Tabla III-4c. Descriptiva de las variables de equilibrio del grupo control (n=11) por momentos y condiciones.....	177
Tabla III-5. Resultados del ANOVA 3x3 de las variables generales, marcha y fuerza muscular	178
Tabla III-6. Resultados del ANOVA 3x3x3 de las variables de equilibrio	183

Índice de figuras

Figura II-1. Diagrama de flujo del proceso de reclutamiento de participantes.	97
Figura II-2. Esquema de la valoración de la máxima velocidad de marcha. Registro del tiempo de la zona central de 16 metros de longitud mediante un sistema de células fotoeléctricas. Hay una zona de aceleración y otra de deceleración de dos metros de longitud cada una.	100
Figura II-3. Cálculo de la base de sustentación. La longitud a se utilizó para la normalización de las variables en el eje AP y la longitud b para la normalización de las variables en el eje ML.	104
Figura II-4. Ecuación del modelo de regresión global para toda la muestra.	110
Figura II-5. Modelo global: relación de tres variables predictoras (<i>Fmax60R</i> , edad y <i>nivelAF</i>) con la variable dependiente (<i>Vmarcha</i>) en el análisis de regresión para toda la muestra.	110
Figura II-6. Ecuación del modelo de regresión de capacidades motrices para toda la muestra.	111
Figura II-7. Modelo de capacidades motrices: relación de dos variables predictoras (<i>Fmax60R</i> , <i>Maxd-AP-oc</i>) con la variable dependiente (<i>Vmarcha</i>) en el análisis de regresión para toda la muestra.	112
Figura II-8. Media y desviación estándar de las variables de equilibrio (trayectoria, máxima distancia, pico de velocidad, variabilidad) en el eje antero-posterior (AP), el eje medio-lateral (ML) y el ratio, en las condiciones de ojos abiertos (OA), ojos cerrados (OC) y carga cognitiva (CC). Significancia estadística de la diferencia entre condiciones: * $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$	114
Figura II-9. Ecuación del modelo de regresión global y de capacidades motrices para la muestra de mayores jóvenes.	118
Figura II-10. Modelo global y de capacidades motrices: relación de la variable predictora (<i>Fmax6R</i>) con la variable dependiente (<i>Vmarcha</i>) del análisis de regresión para la muestra de mayores jóvenes ($n=27$, rango de edad: 61.0-71.8 años).	118

Figura II-11. Ecuación del modelo de regresión global para la muestra de muy mayores.	119
Figura II-12. Modelo de capacidades motrices: relación de las variables predictoras (<i>Fmax60R</i> y edad) con la variable dependiente (<i>Vmarcha</i>) del análisis de regresión para la muestra de muy mayores (n=28, rango de edad: 72.3-86.2 años).	120
Figura II-13. Ecuación del modelo de regresión de capacidades motrices para la muestra de muy mayores.	120
Figura II-14. Modelo de capacidades motrices: relación entre las variables predictoras (<i>Fmax60R</i> y <i>Maxd-AP-oc</i>) y la variable dependiente (<i>Vmarcha</i>) del análisis de regresión para la muestra de muy mayores (n=28, rango de edad: 72.3-86.2 años).	121
Figura II-15. Media y desviación estándar de equilibrio para el eje antero-posterior (trayectoria y pico de velocidad) en las condiciones de ojos abiertos (OA), ojos cerrados (OC) y carga cognitiva (CC). Por grupo de edad. Significancia estadística de la diferencia entre subgrupos de edad: **p<.01.	122
Figura II-16. Ecuación del modelo de regresión global para muestra de mujeres.	127
Figura II-17. Modelo global: relación de tres variables predictoras (<i>Fmax6R</i> , edad y <i>nivelAF</i>) con la variable dependiente (<i>Vmarcha</i>) en el análisis de regresión para la muestra de mujeres.	128
Figura II-18. Ecuación del modelo de regresión de capacidades motrices para la muestra de mujeres.	128
Figura II-19. Modelo de capacidades motrices: relación de las variables predictoras (<i>Fmax60R</i> y <i>Tray-ML-oa</i>) con la variable dependiente (<i>Vmarcha</i>) en el análisis de regresión para la muestra de mujeres.	129
Figura II-20. Media y desviación estándar de equilibrio (trayectoria, máxima distancia, pico de velocidad, desviación estándar) para el eje antero-posterior (AP), el eje medio-lateral (ML) y el ratio en las condiciones de ojos abiertos (OA), ojos cerrados (OC) y carga cognitiva (CC). Muestra solo de mujeres, n = 40. Significancia estadística de la diferencia entre condiciones: **p<.01, ***p<.001.	131

Figura III-1. Diagrama de flujo de los participantes del estudio.....	165
Figura III-2. Esquema temporal de los momentos de las valoraciones de toda la muestra distribuida por grupos. M _{pre} es el momento inicial (pre-intervención), M _{post} es el momento post-intervención y M _{seg} es el momento de seguimiento (al cabo de cuatro semanas de haber finalizado la intervención).	167
Figura III-3. Media y desviación estándar de las variables: (A) Velocidad de marcha, (B) Fuerza de extensores de rodilla a 90°, (C) Fuerza de extensores de rodilla a 60°, (D) Fuerza de prensión de mano y (E) Pico de velocidad en eje medio-lateral con carga cognitiva (ML-CC) por grupo y momento. Significancia estadística de las diferencias: †p<.08, *p<.05, **p<.01, ***p<.001.....	180
Figura III-4. Media, desviación estándar y diferencias significativas de las variables de equilibrio por eje según el ANOVA 3×3×3. Factor condición: ojos abiertos (OA), ojos cerrados (OC) y carga cognitiva (CC). Significancia estadística de las diferencias: *p<.05, **p<.01, ***p<.001.	185
Figura IV-1. Modelo con un enfoque en la funcionalidad física que explica los efectos del envejecimiento y del ejercicio físico.↑: aumento, ↓: disminución. .	215
Figura IV-2. Esquema del eje que discrimina el equilibrio según etapa de desarrollo del ser humano. AP: antero-posterior, ML: medio-lateral.	218