

# VNIVERSITAT Đ VALÈNCIA

## Facultat de Fisioteràpia



## TESIS DOCTORAL

PROGRAMA DE DOCTORADO 1393/2007 EN LOS PROCESOS DE ENVEJECIMIENTO:  
ESTRATEGIAS SOCIO SANITARIAS

### **EFFECTO EN LA MEJORA DE LA AMPLITUD ARTICULAR Y FLEXIBILIDAD TRAS UN PROGRAMA DE ENTRENAMIENTO DE FUERZA EN LA TERCERA EDAD**

**PRESENTADA POR:**

D<sup>a</sup>. M<sup>o</sup> CARMEN VELASCO CARRASCO

**DIRIGIDA POR:**

Dra. D<sup>a</sup>. CRISTINA BLASCO LAFARGA

Dr. D. LUIS ANTONIO VILLAPLANA TORRES

Valencia, Mayo 2017

La presente Tesis ha sido depositada en el Departamento de Fisioterapia de la  
Universitat de València, por D<sup>a</sup> M<sup>a</sup>Carmen Velasco Carrasco con NIF 24361837-F

Dr. D. Luis Antonio Villaplana Torres, Profesor Titular de la Universitat de València, adscrito al Departament de Fisioteràpia.

Dra. D<sup>a</sup>. Cristina Blasco Lafarga, Profesora Contratada Doctora, adscrita al Departament d'Educació Física i Esportiva.

CERTIFICAN: Que el presente trabajo, titulado, "Efecto en la mejora de la amplitud articular y flexibilidad tras un programa de entrenamiento de fuerza en la tercera edad", ha sido realizado bajo su dirección en el Departament de Fisioteràpia de la Universitat de València y Departament d'Educació Física i Esportiva de la Universitat de València, por D<sup>a</sup> M<sup>a</sup> Carmen Velasco Carrasco, para optar al grado de Doctora. Habiéndose concluido, y reuniendo a su juicio las condiciones de originalidad y rigor científico necesarias, autorizan su presentación a fin de que pueda ser defendido ante el tribunal correspondiente.

Y para que así conste, expiden y firman la presente certificación en Valencia, a 30 de Mayo de 2017.

D. Luis Villaplana Torres

D<sup>a</sup>. Cristina Blasco Lafarga



Para vosotr@s,

“Que lo mejor de nuestra vida aún está por ocurrir” (Alfaro, F. 1999)









## AGRADECIMIENTOS,

Quisiera expresar mi agradecimiento a mis directores de tesis D. Luis Antonio Villaplana por experiencia, su optimismo y confiar plenamente en mí hasta el último momento y a D<sup>o</sup>. Cristina Blasco Lafarga, por enseñarme, ilusionarme y brindarme la oportunidad de abrir una nueva puerta en mi carrera profesional, sin tu ayuda este estudio nunca habría salido adelante. A Ana Cordellat, mi mano derecha y también la izquierda, ya lo sabes...no hace falta que diga nada. A Ainoa Roldán, por aportar su toque de optimismo, alegría y predisposición. A mi querido amigo Toni Díez, por dedicarme su tiempo, su infinita ayuda y sus sutiles consejos, aguantándome dentro y fuera de la Universidad. A mi grandísimo amigo Emilio Irazo, eres el responsable de esta tesis, gracias por preocuparte por mí. A Celia Bernial y Ana Dolz, por soportar mis cambios de agenda y mis ausencias. A Maje Navarro, por su ayuda y estar pendiente hasta el final. A mi familia, en especial a mi madre, por su ayuda silenciosa y tod@s mis amig@s por animarme. Por último, agradecer el apoyo a todo el equipo de la Unidad UIRFIDE y especialmente a mis AM, sin ellos, no habría muestra.







## ÍNDICE

CAPÍTULO I: Justificación.....	1
1.1. Justificación del estudio realizado.....	3
1.2. Bibliografía.....	5
CAPÍTULO II: Introducción.....	7
2.1. Concepto de envejecimiento.....	9
2.2. Envejecimiento activo.....	11
2.3. Población adulta. Marco Sociodemográfico.....	14
2.3.1. Envejecimiento mundial.....	14
2.3.2. Envejecimiento en España.....	16
2.3.3. Esperanza de vida y cociente de dependencia.....	17
2.3.4. Tasa de discapacidad en mayores de 60 años.....	19
2.4. Cambios asociados al envejecimiento.....	20
2.4.1. Concepto de sarcopenia.....	20
2.4.2. Etiopatogenia y consecuencias de la Sarcopenia.....	20
2.4.3. Sarcopenia, fragilidad y discapacidad.....	22
2.4.4. Ejercicio físico en la sarcopenia.....	23
2.5. Cambios en la arquitectura muscular.....	25
2.6. La postura, el equilibrio y la marcha durante el envejecimiento.....	28
2.7. Rango de movilidad, flexibilidad y fuerza en el Adulto mayor.....	33
2.8. Actividad física en el adulto mayor. Beneficios y programas de entrenamiento.....	37
2.9. Planteamiento del estudio.....	41
2.10. Objetivos e Hipótesis.....	42
Bibliografía .....	44
CAPÍTULO III: Material y Método.....	53
3.1. Procedimiento experimental y diseño del estudio.....	55
3.2. Muestra, Procedimiento y marco del estudio.....	57
3.2.1 Criterios de selección de la muestra. Criterios de inclusión y exclusión.....	57
3.2.2. Limitaciones relativas al tamaño de la muestra.....	60
3.2.3. Cronograma.....	61
3.3. La Intervención.....	62

3.4. Variables del estudio.....	64
3.5. Instrumentos de medida.....	66
3.5.1. Goniómetro. ....	68
3.5.2. Dinamómetro Hidráulico Jamar.....	68
3.5.3. Dinamómetro digital TKK 5402.....	69
3.5.4. Regla métrica.....	69
3.5.5. Test Fullerton.....	69
3.5.6. Tanita BC-545. Tallímetro.....	69
3.5.7. Cronómetro.....	70
3.6. Protocolos de medición.....	70
3.6.1. Variable ROM.....	70
3.6.2. Variable de fuerza.....	79
3.6.3. Variable de flexibilidad.....	81
3.6.4. Equilibrio dinámico.....	82
3.6.5. Test 6 minutos (6 MWT).....	83
3.6.6. Peso, altura, IMC, porcentaje de la masa grasa y muscular.....	84
3.7. Tratamiento estadístico.....	85
3.8. Tratamiento de la bibliografía.....	87
Bibliografía.....	88
CAPÍTULO IV: Resultados y Discusión.....	91
4.1. Descriptivos de la muestra.....	93
4.2. Resultados.....	95
4.2.1. Resultados rango articular.....	96
4.2.1.1. Articulación del hombro.....	96
4.2.1.2. Articulación de la cadera.....	99
4.2.1.3. Articulación de la rodilla.....	100
4.2.1.4. Articulación del tobillo.....	101
4.2.2. Resultados Fuerza muscular.....	106
4.2.2.1. Fuerza de espalda y tronco.....	106
4.2.3. Flexibilidad.....	108
4.2.4. Equilibrio.....	111
4.3. Discusión de la hipótesis de trabajo.....	103

4.4. Limitaciones del estudio.....	113
Bibliografía.....	115
CAPÍTULO V: Conclusiones.....	119
5.1. Conclusiones.....	121
CAPÍTULO VI: Anexos.....	123

## ÍNDICE FIGURAS

Figura 2.1. Teorías del envejecimiento.....	9
Figura 2.2. Niveles de participación del envejecimiento activo.....	11
Figura 2.3. Pirámide de población.....	15
Figura 2.4. Número de nacimientos en España entre 1900 y 2009.....	16
Figura 2.5. Población española 2010, 2020, 2049. Pirámides superpuestas.....	15
Figura 2.6. Esperanza de vida por Comunidades Autónomas.....	19
Figura 2.7. Tasa de población con discapacidad según la edad.....	19
Figura 3.1. Procedimiento experimental de los métodos seguidos en la investigación.....	56
Figura 3.2. Composición por grupos y sexo de la muestra estudiada en las diferentes valoraciones realizadas.....	60
Figura 3.3. Cronograma de las mediciones.....	61
Figura 3.4.- Dominios y orientaciones según las taxonomías del programa EFAM-UV©.....	63
Figura 3.5. Goniómetro metálico Jamar.....	68
Figura 3.6. Dinamómetro hidráulico Jamar.....	68
Figura 3.7. Dinamómetro digital TKK 5402.....	69
Figura 3.8. Tanita BC 545.....	70
Figura 3.9. Medición goniométrica de la flexión del hombro.....	72
Figura 3.10. Medición goniométrica de la rotación externa e interna del hombro.....	74
Figura 3.11. Medición de la flexión de codo.....	75
Figura 3.12. Medición goniométrica de la flexión de cadera.....	76
Figura 3.13. Medición del Hand-grip.....	79
Figura 3.14. Valoración fuerza muscular de la espalda.....	80



Figura 3.15. Valoración fuerza muscular de las EEII.....	81
Figura 3.16. SFT. Back Scratch.....	81
Figura 3.17. SFT. Sit and reach .....	82
Figura 3.18. Test Fullerton.....	83
Figura 3.19. Test 6MWT.....	84
Figura 4.1. Caracterización de la muestra.....	95
Figura 4.2. Rotación externa de hombro derecho e izquierdo durante la Ev1, Ev2 y Ev3.....	97
Figura 4.3. Rotación interna de hombro derecho e izquierdo durante la Ev1, Ev2 y Ev3.....	98
Figura 4.4. Extensión de cadera derecha e izquierda durante la Ev1, Ev2 y Ev3.....	100
Figura 4.5. Flexión de rodilla derecha e izquierda durante la Ev1, Ev2 y Ev3.....	101
Figura 4.6. Flexión plantar del tobillo derecho e izquierdo durante la Ev1, Ev2 y Ev3.....	102
Figura 4.7. Flexión dorsal del tobillo derecho e izquierdo durante la Ev1, Ev2 y Ev3.....	103
Figura 4.8. Fuerza muscular de espalda y EEII durante la Ev1, Ev2 y Ev3.....	107
Figura 4.9. Flexibilidad de EEII durante la Ev1, Ev2 y Ev3.....	109
Figura 4.10. Equilibrio dínamico durante la Ev1, Ev2 y Ev3.....	112

## ÍNDICE TABLAS

Tabla 2.1. Clasificación del envejecimiento.....	10
Tabla 2.2. Categorías por edad.....	15
Tabla 2.3. Etiopatogenia de la Sarcopenia.....	21
Tabla 2.4. Programa de entrenamiento para mejorar la fuerza muscular.....	24
Tabla 2.5. Cambios anatómicos en el sistema miotendinoso durante el envejecimiento.....	26
Tabla 2.6. Componentes sensoriales y motores que se afectan durante el proceso del envejecimiento.....	30
Tabla 2.7. Valores normativos de ROM.....	33
Tabla 2.8. Valores normativos de ROM en función diferentes rangos de edad.....	34
Tabla 2.9. Valores normativos de Flexibilidad.....	36
Tabla 2.10. Valores normativos de Fuerza muscular.....	36
Tabla 2.11. Beneficios de la práctica de actividad física de forma regular.....	38
Tabla 2.12. Recomendaciones cuantitativas y cualitativas del ejercicio físico.....	40
Tabla 3.1. Criterios seguidos para la inclusión o exclusión de individuos dentro de la muestra.....	58
Tabla 3.2. Capacidades evaluadas e instrumentos o test de medida.....	67
Tabla 3.3. Variables analizadas mediante el programa estadístico Spss.....	86
Tabla 3.4 Resumen de los estadísticos.....	87
Tabla 4.1. Caracterización de la muestra.....	93
Tabla 4.2. Movimientos evaluados de la cintura escapular.....	97
Tabla 4.3. Movimientos evaluados de la cadera.....	100
Tabla 4.4. Movimientos evaluados de la rodilla.....	101
Tabla 4.5. Movimientos evaluados del tobillo.....	102
Tabla 4.6. Valores de significación para las variables de fuerza.....	106
Tabla 4.7. Valores de significación para la variable de flexibilidad en EESS y EEII.....	108

Tabla 4.8. Valores de significación para el equilibrio dinámico.....	111
--	-----

## **ÍNDICE ABREVIATURAS**

AM: Adulto mayor

OMS: Organización Mundial de la Salud

AVC: Accidente Vascular Cerebral

AVD: Actividades de la Vida Diaria

EU: Eurostat

EU-28: Europa 28 países

INE: Instituto Nacional Estadística

SNC: Sistema Nervioso Central

ROM: Range OF Movement

UIRFIDE: Unidad de Investigación en Rendimiento Físico Deportivo

FCAFE: Facultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte

EESS: Extremidad superior

EEL: Extremidad inferior

GE: Grupo expertos

GI: Grupo Iniciación

SFT: Senior Fitness Test

AA: Asociación para el estudio de la Osteosíntesis

AAOS: Asociación Americana de Cirujanos Ortopédicos

---

# Capítulo I

## Justificación

---

# Capítulo I

## 1. JUSTIFICACIÓN

En los últimos años, la esperanza de vida ha experimentado un considerable aumento, de forma que la población cada vez alcanza edades más avanzadas. El aumento del envejecimiento de la población mundial se produce cada vez a un ritmo más acelerado, y se calcula que la población mundial mayor de 60 años pasará de un 12% a un 22% hacia final del siglo XXI, alcanzándose los 2000 millones de individuos. Paralelamente se brindan una serie de oportunidades para que el adulto mayor (AM) pueda disfrutar y participar activamente en la sociedad, y el peso creciente de este grupo de población y sus especificidades son motivo para que este colectivo sea objeto de estudio.

Por otra parte, aunque la esperanzada de vida está aumentando, las capacidades del AM vienen limitadas por el estado de salud del individuo. El envejecimiento biológico no va siempre correspondido con la edad del AM, siendo abundantes problemas de salud como las enfermedades cardiovasculares, u otras como las pérdidas sensoriales, los problemas musculo-esqueléticos o las enfermedades cognitivas, causas frecuentes de dependencia. Es destacable, el hecho de que la salud depende considerablemente del entorno en el que se encuentra el individuo, viéndose desfavorecido en poblaciones con recursos bajos.

Sin duda alguna, el estado de salud de un anciano requiere de más atenciones que las de un adulto joven, y por tanto genera un gasto mayor. El sistema de salud ha de facilitar una serie de servicios que permitan que el AM alcance el mayor grado de autonomía, y una de las maneras de alcanzar esa autonomía es conseguir que el AM sea autosuficiente a la hora de poder realizar sus actividades de la vida diaria. Para ello las actividades o ejercicios que impliquen movimiento articular deben tener un protagonismo principal, y encontramos diversos tipos de programas de entrenamiento, así como actividades deportivas indicadas para el AM con las que, mediante un conjunto de ejercicios, se trabaja la amplitud de movimiento, la flexibilidad y la fuerza muscular, entre otros aspectos.

## Capítulo I

4

Sin embargo, consultadas las diferentes recomendaciones de actividad física para el AM, encontramos que la amplitud articular no recibe un tratamiento central asociado al entrenamiento de la Flexibilidad en su sentido más tradicional. Por ello el objetivo fundamental del presente trabajo de tesis doctoral consiste en analizar el efecto de un programa de entrenamiento neuromotor sobre la movilidad y la amplitud articular. Según definen sus autores, el programa EFAM-UV© (1), registrado como propiedad intelectual en la Universidad de Valencia, es un programa multicomponente de orientación cognitiva y neuromuscular específico para los AM, orientado a la mejora de la marcha, la postura y las capacidades neuromusculares fuerza, equilibrio y habilidad motriz, así como la aptitud cardio-respiratoria y la amplitud articular de forma secundaria. Este programa de entrenamiento busca, mediante ejercicios basados en la educación de la marcha y patrones posturales básicos, conseguir conservar y potenciar la amplitud de movimiento necesario para que el AM sea independiente. En definitiva, mejorar el movimiento de los individuos.

El interés por este objetivo de investigación surgió como consecuencia de una colaboración con miembros del grupo de investigación UIRFIDE (Unidad de Investigación en Rendimiento Físico y Deportivo) de la Universidad de Valencia, en un proyecto precompetitivo financiado (2) sobre actividad física en el medio natural para adultos mayores y personas con movilidad reducida. Esta colaboración ha dado como fruto diferentes publicaciones, pero sobre todo el planteamiento metodológico y los objetivos de la presente tesis, ya que el grupo de investigación lleva desarrollando su programa multicomponente desde hace más de 5 años, pero nunca había valorado los efectos de su propuesta neuromuscular sobre la amplitud articular y la movilidad de sus usuarios.



## Bibliografía

1. Blasco-Lafarga C, Martínez-Navarro I, Cordellat A, Roldán A, Monteagudo-Chiner P, Sanchis-Soler G, et al., inventors; Método de entrenamiento funcional cognitivo neuromotor EFAM-UV. Spain2016 24-10-2016.

2. Patrimonio y paisaje del agua para la tercera edad y personas con movilidad reducida. Propuesta metodológica para el diseño y adecuación de itinerarios turísticos culturales y terapéuticos a partir de los sistemas de regadío tradicionales y cursos del agua. Projecte I+D per a grups d'Investigació emergent ( GV/2014).



---

# Capítulo II

## Introducción

---

## Capítulo II

## 2.- INTRODUCCIÓN

### 2.1.- Concepto de envejecimiento

El proceso de envejecimiento conlleva una serie de cambios irreversibles, individuales, y progresivos sobre el individuo, los cuales van a afectar la autonomía de sus actividades (1-3). Para la OMS (2015), el envejecimiento supone un proceso que se inicia desde el nacimiento y que se caracteriza porque es específico de cada persona, siguiendo un ritmo individualizado. A lo largo de este proceso se originan una serie de cambios bioquímicos, morfológicos, funcionales, fisiológicos, psicológicos y sociales que van a afectar sin duda alguna la calidad de vida del ser humano, y que van a acompañarlo hasta su fin. No se debe olvidar que el hecho de envejecer va a ir unido a otros conceptos como son la discapacidad y la minusvalía, los cuales van a condicionar la autonomía del adulto mayor (AM) y de nuevo mermar su calidad de vida. Debido a esa discapacidad, las actividades de la vida diaria (AVD) se pueden ver comprometidas, afectándose la calidad de vida y la capacidad del individuo para satisfacer todas sus necesidades (3-5).

Existen diversas teorías que intentan explicar el envejecimiento (Figura 2.1).



**Figura 2.1.- Teorías del envejecimiento. Elaboración propia (4).**

La teoría *biológica* intenta explicar el envejecimiento desde el punto de vista natural de desgaste que se sufre con el paso de los años, que junto con el proceso de oxidación que se origina día a día, va degenerando al organismo. La teoría *psicológica*, se basa en aspectos cognitivos de la persona, considerando el proceso de vejez a partir de los 65 años. La teoría *social* intenta explicar el proceso de socialización que se produce en el adulto cuando llega a la fase de vejez, ya que en algunos casos sigue

integrándose en la sociedad y formando parte de ella, y en otros casos se desvincula y se aísla. Una de las teorías que se pueden considerar positivas es la de la *continuidad*, ya que en este caso no se diferencia la transición de ser adulto a ser anciano, sino que se intenta aprovechar la experiencia que se ha ido ganando día a día para poder obtener soluciones antes los problemas que conlleva el envejecimiento y seguir con la realización de proyectos de vida. Ya por último queda mencionar la teoría de la *actividad*, que por medio de la participación intenta lograr un envejecimiento saludable (4). Dentro de la definición de envejecimiento se incluyen diferentes conceptos. Se debe diferenciar entre el envejecimiento normal y el patológico que es aquel que se acompaña de algún tipo de enfermedad crónica. Como menciona Sarabia Cobo en su estudio (5) hay una serie de factores que van desde el deterioro físico-cognitivo, así como los cambios en el entorno personal y social, lo que determina en sí el hecho de envejecer. Por ello, se debe considerar y valorar el envejecimiento desde un punto de vista holístico.

En la Tabla 2.1 se muestra una clasificación de los dos tipos de envejecimiento básicos. Como se observa, no podemos prevenir el envejecimiento primario, de origen genético, pero existen diferentes medidas preventivas básicas para combatir el envejecimiento secundario, en cualquiera de sus dos etiologías: causado por enfermedad o por el ambiente y los estilos de vida negativos (5)

**Tabla 2.1. Clasificación del envejecimiento. Elaboración propia (6).**

Tipos de envejecimiento	Causas	Prevención	Medidas preventivas
Envejecimiento primario	Genética	No	No
Envejecimiento secundario	Enfermedades	Sí	Farmacología
	Accidentes		
	Intervenciones	Sí	Actividad física
	Ambiente		Alimentación
	Hábitos de vida		Evitar sustancias tóxicas
			Medidas sociales y educativas

En contraste con estos conceptos, que conciben el envejecimiento como un aspecto negativo de la vida, en los últimos años están surgiendo diferentes modelos de envejecimiento con un enfoque positivo. Hablamos así de un envejecimiento *exitoso*, envejecimiento *saludable* y *activo* (4-8), como se verá a continuación.

## 2.2. Envejecimiento activo

El envejecimiento *exitoso* es aquel en el cual el AM, intenta mantenerse sano, tanto física como psicológicamente, integrándose en la sociedad para participar en las múltiples actividades que se desarrollan. Junto a esta definición se habla del envejecimiento *saludable*, que potencia la importancia de una buena prevención que deberá comenzar a realizarse antes de los 60 años. Sin embargo, ambos conceptos han quedado sustituidos por uno nuevo definido por la OMS en el 2002, el llamado envejecimiento *activo* (6). Para la OMS el envejecimiento activo hace referencia a “*el proceso de optimización de oportunidades de salud, participación y seguridad con el objetivo de mejorar la calidad de vida a medida que las personas envejecen*”.

En la Figura 2.2 se observa las diferentes líneas de actuación donde el AM va a desenvolverse para encontrarse a sí mismo y desenvolverse de forma activa (6).



Figura 2.2 Niveles de participación del envejecimiento activo. Elaboración propia (6).

Queda patente, así, que dentro del envejecimiento activo se considera que para que el AM lo viva de forma saludable es necesario que junto el proceso de envejecer y los cambios que pueden producirse en la salud, interactúen otros componentes que forman parte de la vida del individuo. Variables como las creencias religiosas, los hobbies, las relaciones sociales y culturales, así como el poder económico, influyen en el proceso de aceptar y disfrutar de este proceso irreversible que no necesariamente significa adquirir dependencias o discapacidades, sino que busca alcanzar un estado de bienestar donde el AM participe de forma activa en todos los aspectos de su vida (7,8).

Christensen et al., se plantea la pregunta de si el hecho de envejecer podrá llegar a estar relacionado con vivir mejor, sin discapacidades ni limitaciones funcionales, y con una disminución de enfermedades. Para responder a esta pregunta se debe hacer un análisis de una serie de conceptos que responden en cierto modo al hecho de envejecer y de cómo envejecer. Estos conceptos se refieren entre otras cosas al índice de mortalidad, que cada vez a lo largo de los años ha ido mejorándose, ya que ha disminuido en edades tempranas y se ha alargado en edades tardías. También, al estado de salud general, que ha variado en el último siglo. Aunque hay una gran incidencia de enfermedades, según pasan los años, existen mejores métodos diagnósticos y tratamientos para las diversas patologías, tanto cardiovasculares, metabólicas u otras que pueden afectar en cierta forma a la limitación funcional y originar una discapacidad. Y no sólo la medicina ha contribuido a este fenómeno, sino también las políticas sociales y económicas, que han apostado para que esto fuera posible. Los estudios afirman que las personas menores de 85 años viven mejor ahora que antaño, pero las mayores de 85 años tienen el hándicap de convivir con un aumento serio de enfermedades y de limitaciones funcionales (9).

En este contexto, un hecho, ya demostrado, que repercute de manera positiva en el estado general del AM es su nivel de actividad. El AM debe mantenerse lo más activo posible, participando en diversas actividades y practicando ejercicio físico, ya sea de forma colectiva y sociales como en solitario. En función del tipo de actividad que realice los beneficios obtenidos irán encaminados a favorecer aspectos físicos-funcionales y



psicológicos, disminuyendo el declive funcional y la mortalidad viéndose de esta forma favorecido el envejecimiento con éxito (7, 8).

Se reitera que no hay que olvidarse del papel tan importante que tiene la prevención a la hora de asegurar un envejecimiento con éxito, ya que influirá sobre la discapacidad, el bienestar físico-cognitivo, la participación social, la aceptación por parte del AM de los cambios que va sufriendo, el control de hábitos saludables y nocivos, así como de enfermedades crónicas (10).

Hoy se sabe, que no todo es negativo con relación al envejecimiento. Aunque parezca extraño, existe una consecuencia positiva, ya que el AM desarrolla una nueva filosofía de vida con el hecho de envejecer y retirarse de la participación en cierto modo activa y económica. Con la jubilación se abren nuevas metas, objetivos y retos donde el AM se involucra y es como una segunda etapa de su vida, en la que el disfrute del día a día es lo fundamental. La discusión es si el aumento de la longevidad viene acompañado de una calidad de vida mayor, que podrá ser aceptable incluso en la 4ª edad, cuando va a venir acompañada de un declive funcional y psicológico, con las limitaciones y discapacidades que seguramente conlleve. Este hecho viene asociado a la acción de cumplir años y aumenta su incidencia en gente mayor de 90 años, y como ya se señala (Tabla 2.1), el llamado envejecimiento secundario implica que el riesgo de sufrir alguna discapacidad se incrementa cuando, por ejemplo, la persona sufre algún tipo de enfermedad crónica o accidente, como puede suceder por una caída. Además, el hecho de padecer una enfermedad, una mala recuperación o una mala rehabilitación tras una caída, por ejemplo, junto con otros problemas a la hora de realizar las AVD, tendrá una mayor incidencia en esa parte de población con recursos económicos y nivel cultural bajo. Por ello, la discapacidad y las limitaciones funcionales estarán relacionadas con la edad, pero también con los recursos económicos y culturales. En cualquier caso, se puede considerar que el envejecimiento de la población actual supone un triunfo si se compara con el pasado siglo. El ser humano vive más años y con mejor calidad de vida, aumentando el número de personas en edad madura, y duplicándose la población de AM de género femenino con respecto al sexo masculino (6, 11, 12).

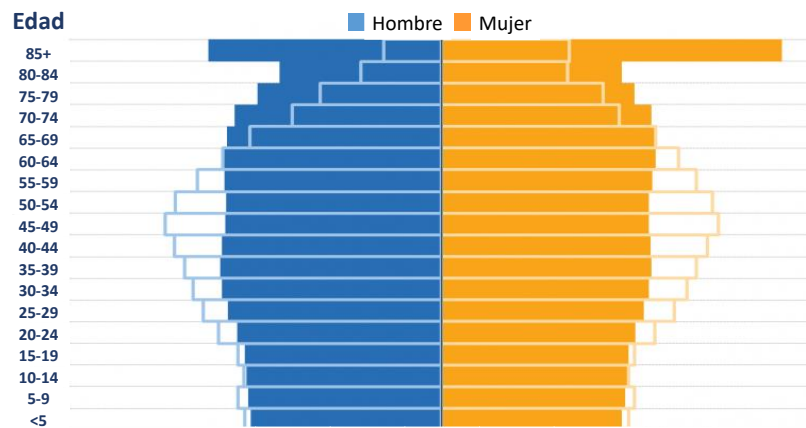
### 2.3. Población adulta. Marco Sociodemográfico.

#### 2.3.1. Envejecimiento mundial

14

El término de envejecimiento en sociodemografía se utiliza cuando el número mayoritario de personas está formado por AM. Por un lado, debido al descenso de la natalidad, y por lo tanto de las tasas de fecundidad, y por otro lado debido a la disminución de la mortalidad y el aumento de la longevidad del individuo. Este hecho se ha visto favorecido también porque en los últimos años los avances sanitarios, la higiene, la salud pública, la alimentación y la economía, entre otros factores, han sufrido un desarrollo positivo. Debido a esto, la población anciana mundial crece a un ritmo más rápido que el resto de grupos poblacionales, y se especula que va a pasar de aumentar en 2015 con un 5,3% a un 12,3% en 2080 (9).

Para poder estudiar los efectos sobre la pirámide poblacional se realizan las llamadas proyecciones de población. La población de EU-28, a fecha del 1 de enero de 2015, se estimaba que era de 508,5 millones. Las proyecciones sobre la población total en Europa indican un aumento hasta alcanzar los 525,5 millones en 2050, y a partir de ahí se espera una disminución progresiva hasta los 520 millones en 2080. Por rangos de edad, la población en edades entre 0-14 años ocupa el 15,6% del total, la población en rango de edad para trabajar entre 15-64 años es del 65,6% y la parte de población mayor de 65 años engloba al 18,9%. Esta última se ha visto incrementada en un 0,4% con respecto al año anterior y se prevé que en los siguientes 10 años se vea aumentada un 2,3%. En la Figura 2.3, se puede observar el cambio que se va a producir en Europa en los próximos años. Cabe destacar que este progresivo envejecimiento de la población también va a acontecer en los países en vías de desarrollo, donde se están reproduciendo los cambios poblacionales que se dan actualmente en los países desarrollados (10, 11).



**Figura 2.3. Pirámide de población EU-28, 2015-2080 (10).**

Para poder clasificar a los AM, Sisamón en su tesis doctoral, nos presenta una clasificación basada en los criterios Spirdurso & Cronin, 2005 donde se especifica el concepto de anciano en función la edad y las actividades que desarrolla de forma autónoma (12). En la Tabla 2.2 se puede ver esta clasificación.

**Tabla 2.2. Categorías por edad (Spirdurso & Cronin, 2005). Elaboración propia a partir de Sisamón, 2012.**

NOMENCLATURA	EDAD
Mediana edad	45-64 años
Anciano joven	65-74 años
Anciano	75-84 años
Anciano mayor	85-99 años
Muy anciano	>100 años

### 2.3.2. Envejecimiento en España

Concretamente en España, tal y como muestra la Figura 2.5, desde el año 2010 hasta el 2049 se va a ver modificada la estructura de la pirámide poblacional (6), de manera que el grupo poblacional de AM va a ser cada vez mayor, tanto en el género masculino como en el femenino, estando alrededor de los 75 años en el 2049.

A raíz de la guerra civil y posteriormente con la instauración del régimen dictatorial, se produjo una disminución en el número de nacimientos en nuestro país. Este fenómeno se compensó posteriormente con la famosa generación del “baby boom”, que se extiende hasta prácticamente 1975. A partir de ese momento se produce un descenso acusado y sostenido de la natalidad (Figura. 2.4), y es a partir del 2020 cuando la generación del baby boom va a pasar a formar parte de esa población adulta y jubilada (6, 13, 14). Ante esta situación, se habla de una inversión demográfica, hecho que también se ha producido en Europa donde hubo dos guerras mundiales y una evolución similar.

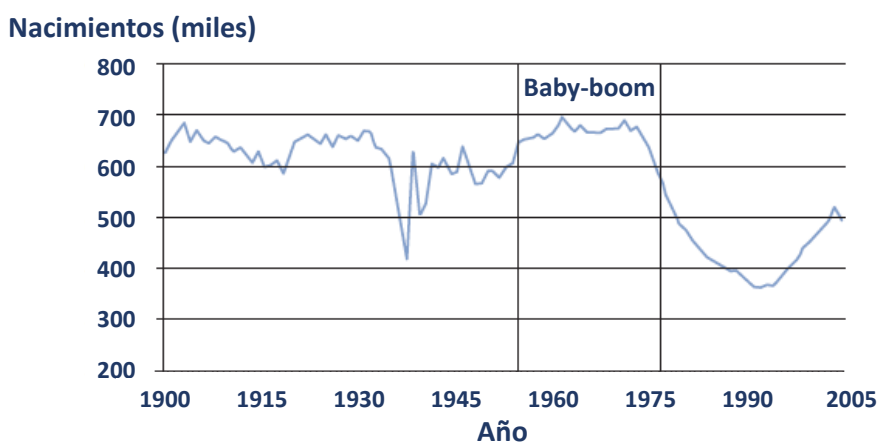
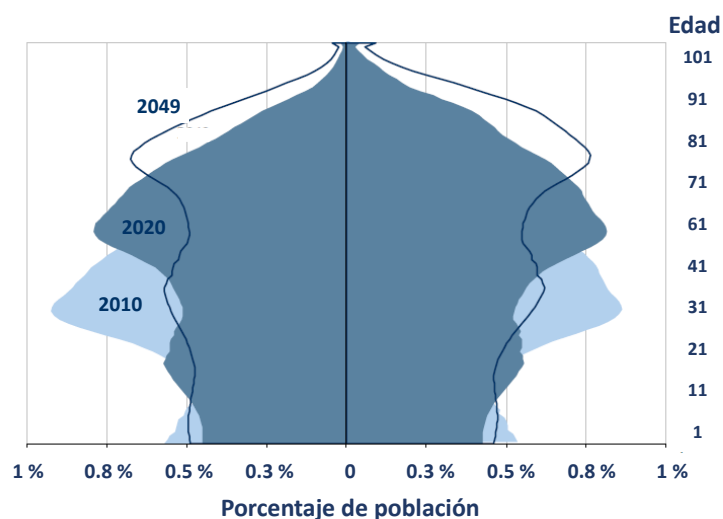


Figura 2.4. Número de nacimientos en España entre 1900 y 2009 (6).

No se debe olvidar que, a parte de estos cambios demográficos, hay otros elementos a considerar en las estadísticas, como es el caso de la inmigración, porque esta parte de la población participa activamente en la sociedad, tanto demográficamente con repercusión sobre la natalidad como económicamente sobre las cotizaciones. Aunque no se puede considerar un factor influyente, su presencia repercute en el envejecimiento de la población y en el declive demográfico, ya que con

los años empiezan a formar parte de esa población mayor de 60 años. De todas formas, la tasa de dependencia de la población española sigue siendo muy superior a la de la inmigración (15). En resumen, la estructura de la población muestra un envejecimiento acelerado. España está situada en el ranking de los países con mayor número de AM, tras Japón, Alemania e Italia. Y se prevé que incluso duplicará a la población infantil para el año 2049 (13).



**Figura 2.5. Población española 2010, 2020, 2049. Pirámides superpuestas (6).**

### 2.3.3. Esperanza de vida y cociente de dependencia

En cuanto a la esperanza de vida, ésta ha aumentado de forma importante en España debido a los adelantos sanitarios, la mayor calidad de vida y la mejora en las condiciones laborales. Este término muestra aproximadamente el número de años que va a vivir un grupo de personas que han nacido durante el mismo año. Y se puede tomar como referencia desde el mismo momento en que se nace o también a partir de los 65 años. De esta forma vemos como la esperanza de vida ha aumentado en los últimos años y aquellos que nacieron en el 2014 pueden alcanzar edades entorno a los 85 años por término medio (esperanza de vida en la Comunidad de Madrid). Es concretamente en este grupo poblacional, de 80 años o más, donde se está produciendo un crecimiento mucho más rápido (6, 16). Este fenómeno también se puede observar en el resto de países a nivel mundial. Los bebés que han nacido y nacerán en este siglo XXI van a tener una esperanza de vida de alrededor 100 años y lo más importante es que las

investigaciones tienden a afirmar que la calidad de vida que tendrán será óptima con reducidas discapacidades (17). El principal problema que plantea esta distribución poblacional de pirámide invertida no es tanto la disminución de la natalidad, como el aumento de la supervivencia de la persona. Las consecuencias del envejecimiento van unidas a un aumento de la edad en los AM y como consecuencia, a un posible, o probable, aumento de la dependencia. El hecho de vivir más años va a ir acompañado de limitaciones funcionales y posibles discapacidades. Cabe comentar, que en 2006 en España se estableció la Ley de la dependencia, que supone un primer paso para abordar las circunstancias derivadas del envejecimiento poblacional en España (1, 9).

Cuando se considera la parte de población a partir de los 60 años, por lo que respecta a la población española el número de años vividos ha aumentado durante el intervalo de años comprendidos entre 1998 y 2016, llegando a ser la esperanza de vida de las más altas en Europa (6, 10). A modo de ejemplo, según las bases del INE 2016, podemos comentar que la población de AM residentes en España, con edades comprendidas entre 60-65 años, ha pasado de ser de cerca de 1.000.000 en 1998, a aproximadamente 2.600.000 en 2016. España se posiciona, pues, como uno de los países que lidera el ranking en Europa. Y si a inicios del siglo XX, la esperanza de vida estaba alrededor de los 35 años, la esperanza de vida actual supera los 80 años. Cabe destacar que la esperanza de vida en hombres y en mujeres cada vez se iguala más, reduciéndose la diferencia histórica entre ambos géneros. Este dato también se describe en el resto de Europa.

Si se compara la esperanza de vida entre las diferentes Comunidades Autónomas se aprecia que las comunidades con mayor esperanza de vida son las de Madrid, Navarra o Castilla y León, frente a Extremadura o Andalucía, que junto con Ceuta y Melilla presentan los valores menores (Figura 2.6). Estos datos se pueden consultar en las bases de datos del INE 2015. Pero este aspecto positivo conlleva una serie de consecuencias a nivel social, político y económico. Respecto a este último, el cambio poblacional afecta sin duda alguna a la relación entre número de trabajadores existente con edades comprendidas entre 15-64 años y las personas mayores de 65 años. Es el llamado cociente de dependencia (número de personas en activo por cada adulto mayor de 65 años) de forma que, conforme la población va envejeciendo, su valor va disminuyendo.

Ello conlleva un aumento en el coste socio económico, por mayores gastos de pensiones y atención a la enfermedad, entre otros. Si se repasa estos últimos años, entre 1950 y 2007 este cociente de dependencia ha pasado de ser 12 a 9 trabajadores por cada AM de 65 años, y se calcula que para 2050 va a ser de 4. Estos valores van a repercutir negativamente en los fondos de la Seguridad Social, viéndose afectadas sobre todo las pensiones (18).

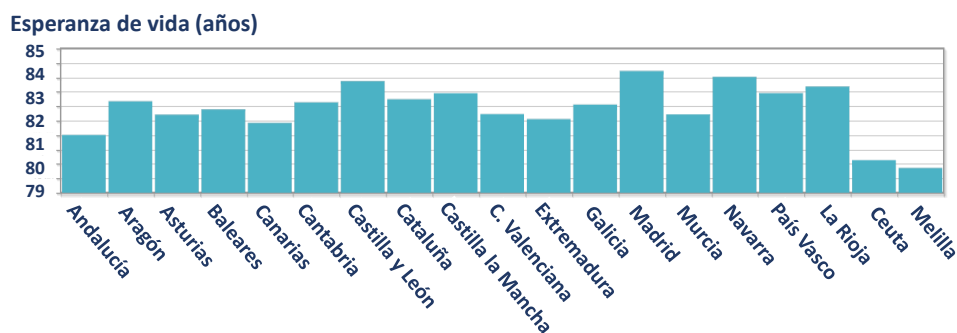


Figura 2.6. Esperanza de vida en función las Comunidades Autónomas. INE, 2015.

### 2.3.4. Tasa de discapacidad en mayores de 60 años

Durante los últimos años, el INE ha realizado una serie de encuestas para determinar el índice de discapacidad en la población, o lo que es lo mismo, el porcentaje de personas que sufren algún tipo de discapacidad que le impida o dificulte la realización de sus AVD. Según los resultados de las encuestas, las mujeres sufren tasas de discapacidad más altas en comparación con los hombres, como se observa en la Figura 2.7. Estas diferencias en cuanto al género se deben a que la esperanza de vida del género femenino es mayor que la del masculino, acusando la discapacidad durante más años. Dentro de las discapacidades la más frecuente es la relacionada con la movilidad, impidiendo que la persona pueda ser autónoma para sus AVD (1, 19).

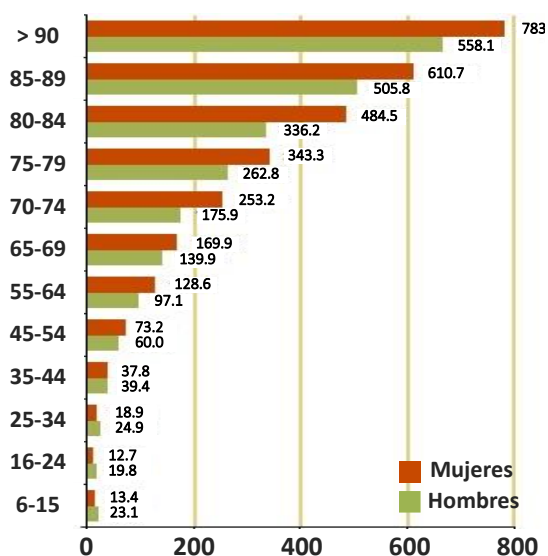


Figura 2.7. Tasa de población con discapacidad según la edad, por cada 1000 habitantes a partir de los 6 años de edad (1).

## 2.4. CAMBIOS ASOCIADOS AL ENVEJECIMIENTO

### 2.4.1. Concepto de sarcopenia

20

El concepto de pérdida de fuerza muscular, así como de masa muscular durante el envejecimiento es un hecho que se plantea desde la antigüedad. En la época griega y romana se veía el envejecimiento como una enfermedad irreversible y progresiva. Fue el médico griego Galen de Pergamo, quien definió el envejecimiento como un estado transitorio entre la salud y la enfermedad y quien dictaminó una serie de pautas nutricionales y de actividad física para reducir los efectos que el hecho de envejecer, producían sobre la masa y calidad muscular (20).

Se puede definir la sarcopenia como el proceso que se origina durante el envejecimiento y que conlleva una disminución de la masa muscular, de la fuerza muscular y potencia muscular afectando directamente a la calidad de vida del AM. Esta afectación se manifiesta en una pérdida de autonomía e independencia por una alteración en la funcionalidad, contribuyendo al aumento de riesgo de sufrir algún tipo de discapacidad (20-24).

### 2.4.2. Etiopatogenia y consecuencias de la sarcopenia

Existen diversos factores que pueden estar involucrados en el origen de la sarcopenia y que están resumidos en la Tabla 2.3. (21, 22, 24-27). En el músculo se va originando una serie de cambios conforme el individuo va envejeciendo. Se observan cambios en la composición de las fibras musculares, con una disminución de las de tipo II, aunque Frontera también indica en su estudio pérdidas en las de Tipo I (28). Para luchar contra los efectos de la sarcopenia, se ha optado por diversos mecanismos de actuación incluyendo fármacos, nutrición adecuada, administración de hormonas deficitarias y la realización de ejercicio físico. Concretamente, se ha demostrado que la mejor actuación para ayudar a incrementar la masa muscular y limitar el efecto de la sarcopenia, es el ejercicio físico con resistencias (28). Esta disminución de las fibras musculares se acompaña con daños estructurales en las mitocondrias, las cuales se



degeneran y oxidan afectando también a la célula, favoreciéndose el envejecimiento humano junto con la aparición de enfermedades degenerativas (29). A nivel del SNC, se origina un deterioro de las motoneuronas, así como de la transmisión de la información, que junto con los cambios hormonales, metabólicos y el sedentarismo ayudan a la aparición de la sarcopenia. No hay que olvidar un factor intrínseco fundamental e individual en cada individuo que es el genético, uno de los que más condiciona en el proceso de envejecer (30).

**Tabla 2.3. Etiopatogenia de la sarcopenia. Elaboración propia (21, 22, 24-27)**

Mecanismos intrínsecos del músculo	Fibras tipo II Daño ADN mitocondrial
Cambios en el SNC	Pérdidas unidades motrices alfa
Factores Hormonales	Estrógenos, Testosterona, Hormona del crecimiento
Hábitos de vida	Ejercicio
Metabólico	Estrés oxidativo: daña componentes muscular Síntesis de proteínas
Factores genéticos	WRN

Los problemas derivados con la sarcopenia en el envejecimiento vienen asociados a un deterioro de la funcionalidad, ya que el simple hecho de caminar se ve perjudicado. La marcha es uno de los elementos que determinan la autonomía de un individuo y que suele verse más afectado con esta disminución de masa muscular, siendo un factor clave entre los responsables de producir caídas (26).

Otro de los problemas asociados con el declive de la masa muscular es el aumento de la morbilidad y por tanto de padecer enfermedades crónicas. Por ejemplo, una de estas enfermedades es el síndrome metabólico, ya que la pérdida de masa muscular se asocia a un incremento de la masa grasa en la composición corporal del individuo. Además, el músculo es el gran consumidor de glucosa y al verse disminuido provoca que haya más sensibilización a la misma y se favorezca la aparición de diabetes. Otra de las enfermedades que guarda relación con la aparición de la sarcopenia es la osteoporosis,

pero se piensa que no es debido a la pérdida de masa muscular, sino a la alteración hormonal que se produce con el aumento de los años y que condiciona la mineralización del hueso, así como el déficit de ejercicio físico que ayuda a la fijación del calcio (22).

### 2.4.3. Sarcopenia, fragilidad y discapacidad

22

Como ya se ha comentado, la edad conlleva un conjunto de cambios físicos, fisiológicos, cognitivos, psicológicos y sociales, que inciden directamente sobre las AVD del AM, repercutiendo sobre su calidad de vida y aumentando el número de ingresos en instituciones sanitarias (31, 32). Enlazada con todos estos cambios se encuentra a la sarcopenia, tanto como causa como consecuencia de los mismos (33, 34). Se ve así que el declive de la masa muscular viene asociado con una disminución de la fuerza y la potencia, originando un aumento de la fragilidad en el anciano, que se vuelve más vulnerable frente a los factores de riesgo que afectan a la salud y provocan que tienda a aislarse del entorno e incluso se deprima. Se trata de un círculo vicioso que se retroalimenta y del que es difícil salir (33-35). Todos estos cambios en su conjunto se convierten en un alto riesgo de fragilidad (35, 36), de forma que se puede definir al anciano frágil como aquel que sufre una pérdida involuntaria de su peso que sumado a una debilidad muscular tiende a verse afectada su marcha de tal forma que su nivel de agotamiento es mayor, incrementándose su dependencia (20-24, 35, 36).

Como establece Mitchell et al. (27), en su estudio, la función muscular es necesaria no sólo para crear un movimiento, sino también para que la persona pueda desarrollar sus AVD de manera satisfactoria y de este modo evitar el riesgo de sufrir una discapacidad. Todos estos cambios tienen que ser analizados, debido al gran impacto socioeconómico que producen (26).

#### 2.4.4. Ejercicio físico en la sarcopenia

A partir de los 30 años se produce una pérdida progresiva de masa muscular. Cada diez años esta pérdida supone entre el 3-8% del total y se acelera a partir de edades superiores a los 60 años. Estos cambios ocasionan un declive en la fuerza y en la funcionalidad. La disminución de la masa muscular, ocasionada por la sarcopenia, provoca una atrofia muscular debido a la disminución de la fibra, y también a una disminución del número de fibras musculares, afectándose la fuerza, la velocidad y la potencia muscular (20, 27, 28, 37, 38)

La mejor estrategia para actuar frente a los efectos del envejecimiento, es mediante una óptima prevención, combinando una alimentación adecuada con un programa de ejercicios físicos, siendo esta la intervención más eficaz para combatir la sarcopenia (39-41). Cada vez es más evidente que la actividad física constituye una medida contra el envejecimiento muscular e influye, no solo en la masa muscular, sino también sobre la fuerza y la capacidad regenerativa del músculo. Por ello, se debe inculcar al AM que la actividad física forme parte de su estilo de vida y de esta forma asegurar un envejecimiento saludable y activo (42, 43).

En la bibliografía, se pueden encontrar diversos estudios donde se analiza la repercusión del ejercicio físico sobre los efectos de la sarcopenia en la fuerza y masa muscular. Algunos de ellos se basan en realizar un estudio comparativo en una población de gente mayor, en donde hay un grupo que son deportistas y otro que sólo realizan una gimnasia de mantenimiento (41). Se llega así a la conclusión que las personas deportistas poseen mayor fuerza que las no deportistas, de tal forma que la pérdida de fuerza se puede evitar ganando masa muscular por medio de un entrenamiento ya que los deportistas poseen menor proporción de grasa, aunque el peso en ambos grupos es bastante similar (45).

Por otro lado, Jiang et al., (46) presenta una situación de partida donde el AM no se encuentra con el nivel físico adecuado para la ejecución de un programa de entrenamiento con cierta intensidad. Para ello se han utilizado planes de entrenamiento de baja intensidad combinados con un elevado esfuerzo. Con estos planes de entrenamiento se produce un aumento de la fuerza muscular, hallazgo muy importante

en la rehabilitación, ya que el AM muchas veces es incapaz de efectuar una actividad de fuerte intensidad y por medio de este tipo de entrenamiento se consigue ampliar más el campo de actuación sobre aquella parte de la población que es más vulnerable.

24

A la hora de plantearse qué tipos de ejercicios pueden ser los más indicados para luchar contra los efectos de la sarcopenia, se valora que tanto los ejercicios de resistencia, que poseen poca implicación a la hora de ganar masa muscular, como los de fuerza, actúan positivamente sobre el aumento de fibras musculares Tipo II y sobre el fenómeno del envejecimiento, haciendo que la intervención sea más eficaz (41, 47). No hay que olvidar que dicho ejercicio debe de ser personalizado y adaptado a la edad del sujeto y a su discapacidad si la presenta (48).

En la Tabla 2.4. se presenta un posible programa de entrenamiento para mejorar la fuerza según Peterson et al (49).

**Tabla 2.4. Programa de entrenamiento para mejorar la fuerza muscular. Elaboración propia (49).**

Objetivo	Aumentar la fuerza muscular
Finalidad	Aumentar la capacidad funcional
Limitaciones	Poca evidencia sobre dosificación, duración, edad...
Media de duración	17 ± 8 semanas
Días por semana	1 – 3
Series	1 – 6
Repeticiones	2 – 20
Número de ejercicios	5 – 16
Descanso entre series	60'' - 360''

Especialmente interesante resulta la revisión de Martínez-Navarro (14) sobre los programas de actividad física específicos para el adulto mayor, así como los beneficios atribuidos a cada uno de ellos cuando se los relaciona con las mejoras que provocan en las capacidades ejecutivas. Como se señaló en la introducción y se detallará en el

capítulo de metodología, las propuestas básicas de la intervención realizada en la tesis de Martínez-Navarro (14) enlazan directamente con la propuesta de entrenamiento multicomponente utilizada en esta tesis.

## 2.5. Cambios en la arquitectura muscular

A nivel muscular, las fibras musculares tipo II (fibras de contracción rápida) se ven disminuidas en el AM. Muchas veces, esta pérdida de masa muscular no es tan evidente, ya que se produce a la vez un aumento de masa grasa y de tejido conectivo que se acaba infiltrando entre las fibras musculares, dentro de los sarcómeros (unidad funcional del músculo). Ello puede ocasionar un acortamiento de la fibra muscular y una disminución de la capacidad de contracción del músculo que, sumado a la disminución de la proteína de la miosina, fundamental para la contracción del sarcómero (25), reduce la fuerza del AM. En la Tabla 2.5 se detallan más específicamente los cambios ocasionados en el músculo y tendón durante el envejecimiento (20, 46).

Otros cambios que acompañan a los musculares, son los cambios a nivel del Sistema Nervioso Central (SNC) y cambios metabólicos, hormonales, dietéticos e inmunológicos que van a determinar la pérdida de movimiento. Los cambios de SNC suponen una disminución de las unidades motoras-alfa (motoneuronas) del asta anterior de la médula espinal. Con ello, el envío de señal para la contracción muscular se ve afectado y se reduce la fuerza muscular, la velocidad de contracción, la potencia, la eficiencia muscular, y por tanto la coordinación de la acción muscular. A nivel metabólico, los cambios se refieren a la mutación del ADN mitocondrial que provoca una disminución de la síntesis de proteínas mitocondriales que induce a una disminución de la capacidad de usar el oxígeno durante el ejercicio. Por otro lado, se aumenta la actividad de las caspasas que provocan un incremento de la degradación muscular (25, 27, 43).

Se puede afirmar, pues, que la calidad muscular, se ve reducida tanto por cambios a nivel neuromuscular, como a nivel tendinoso. Entre los cuatro motivos que explican la causa de la reducción de la fuerza, se señalan: los cambios en la arquitectura muscular,

las propiedades mecánicas del tendón, la conducción neural (aumento de la co-activación) y la tensión de una fibra específica. En cuanto a la arquitectura muscular, la disposición de las fibras con los sarcómeros en paralelo, determinan la fuerza muscular (músculos más anchos son más fuertes). Por otro lado, la disposición de los sarcómeros es en serie o longitudinal, determina la velocidad de contracción (músculos más alargados son más rápidos) (38). E igualmente es importante mencionar el ángulo de penación, que es aquel que se origina de la inserción de los fascículos musculares con la aponeurosis tendinosa. La disminución del área transversal del músculo origina cambios en esta arquitectura muscular y reduce la fuerza del AM (38). En la Tabla 2.5 se detallan los cambios sobre el sistema miotendinoso que conlleva el envejecimiento (20, 51-54).

**Tabla 2.5. Cambios anatómicos en el sistema miotendinoso durante el envejecimiento. Elaboración propia. (20, 51-54).**

<b>Cambios anatómicos Musculares</b>	Disminución masa muscular
	Infiltración de grasa y tejido conectivo
	Disminuye tamaño fibras Tipo II
	No se altera tamaño fibras Tipo I
	Disminuye el número de fibras Tipo II
	Disminuye la vascularización por fibra
	Acumulación de lipofuscina, fibras rotas
	Desestructuración de las líneas Z y miofilamentos
	Disminución de unidades motoras
	Proliferación retículo endoplasmático
Disminución miosina	
<b>Cambios en tendón</b>	Disminución del agua, ácido hialurónico, glucosaminas
	Cambios en la elastina
	Disminución proteínas contráctiles del tendón
	Alteración del colágeno: mayor rigidez

En sus múltiples estudios, Narici et al. (20, 47-54), pudo observar estas diferencias en el comportamiento del gastrocnemius de una persona mayor y una joven, y constatar que los sarcómeros en el músculo se ven alterados con el envejecimiento. La disminución de la longitud de las fibras, debido a que existe una disminución de los

sarcómeros en serie, ocasiona un déficit de la velocidad, y además existe una disminución de los sarcómeros en disposición transversal, lo que produce la disminución de la fuerza muscular. Asimismo, los cambios en todas las estructuras de colágeno afectan también al tendón. Resumiendo, los cambios provocados por la edad, disminuyen la fuerza sobre un 50% (50).

En cuanto a los cambios tendinosos, debido a los cambios histológicos, la reducción de la rigidez del tendón tiene cuatro implicaciones funcionales (54):

- a) El tendón de una persona mayor se extiende más, causando un mayor acortamiento muscular. Este cambio en el trabajo de longitud del sarcómero provocará una disminución de fuerza.
- b) Un tendón con mayor complianza necesita más tiempo para ser estirado, esto quiere decir que no será capaz de transmitir la fuerza rápidamente, por tanto, la recuperación tras un tropiezo será más lenta.
- c) Se necesita de la coactivación para estabilizar la articulación.
- d) La disminución del número de puentes cruzados de actina-miosina conlleva una disminución de la tensión específica. (20, 46).

En el extremo opuesto, la plasticidad del tejido muscular permite que, a través de un entrenamiento bien orientado se mejore la producción de fuerza y se reduzca el impacto de la sarcopenia (51). Aunque dicho entrenamiento mejora tanto la longitud del fascículo como la rigidez tendinosa, pero no modifica las propiedades de longitud-tensión (50).

Cuando se analiza, dónde se evidencia más la pérdida de la masa muscular, comparando la musculatura de las extremidades inferiores con respecto a las extremidades superiores, es en el tríceps sural y en la musculatura extensora de la pierna donde mayores pérdidas se obtienen. Específicamente, en una relación del 15% de pérdida de masa muscular en las extremidades inferiores del AM comparado con una pérdida del 10% de masa muscular en las extremidades superiores del AM (20). Este dato parece contradictorio, ya que la musculatura implicada en la marcha es

concretamente la musculatura que más se ve afectada durante la sarcopenia. Una explicación a este hecho se debe al desentrenamiento, ya que durante esa fase se ocasiona una pérdida mayor de unidades motoras en las extremidades inferiores. Además, el aumento de grasa se relaciona inversamente proporcional con el ejercicio y el tejido conectivo y, como consecuencia, la marcha y la movilidad se ven afectadas, aumentándose el peligro de sufrir caídas e incrementándose la posibilidad de sufrir alguna fractura. Todos estos cambios asociados al envejecimiento, consecuentemente producen un aumento de la dependencia del AM y de la discapacidad (22, 25).

### **2.6. La postura, el equilibrio y la marcha durante el envejecimiento**

Como se viene señalando, el proceso de envejecimiento ocasiona un deterioro tanto a nivel de las capacidades motoras como de las capacidades sensoriales. Estas capacidades engloban un conjunto de componentes que son responsables de que la velocidad de reacción ante un estímulo determinado se vea reducida, ocasionado entre otros un aumento de pérdida de equilibrio, con el consiguiente aumento del riesgo de tener una caída. Concretamente, los AM mayores de 65 años son más propensos a que los problemas de equilibrio se manifiesten, y se estima que el riesgo de sufrir una caída pasa de ser de un 30% en los individuos a partir de 60 años, hasta un 45% en aquellos que son mayores de 70 años. Dada la importancia de este deterioro de los exteroceptores, además de diseñar programas de actividad física que mejoren el equilibrio entre los adultos mayores será importante analizar si dicho entrenamiento les afecta de forma positiva (tests funcionales, estabilometría/posturografía mediante plataformas, u otros). Es importante profundizar mejor en estos componentes del entrenamiento y evaluación de la funcionalidad del AM (56).

El equilibrio en el individuo se consigue por medio de la coordinación de los diferentes componentes sensitivos y motores. Si uno de sus elementos se ve afectado, el resultado se manifiesta en diferentes niveles viéndose alterada la postura, el movimiento, la fuerza y la marcha (52). El autor Orr et al (57), en su estudio, afirma que el déficit de equilibrio está relacionado con las alteraciones cuantitativas y cualitativas



del sistema neuromuscular ocasionando un déficit de la función muscular así como de la activación neuronal. Es más, la debilidad de la musculatura, concretamente de las extremidades inferiores, ejerce un papel fundamental en la posibilidad de tener una caída siendo la potencia muscular un elemento condicionante para el control postural (53, 54).

Con el paso de los años, se producen alteraciones de la propiocepción, tanto cuando el AM está quieto manteniendo una postura como cuando se encuentra en movimiento (55). La postura posee dos componentes, por un lado el control de la posición del cuerpo en el medio donde se encuentra el individuo, y por otro lado, el control del centro de gravedad dentro de la base de sustentación, tanto en posiciones fijas como en movimiento. Esta alteración en la propiocepción va a afectar al equilibrio y al control de la postura, aumentándose la sensación de inestabilidad frente a un estímulo (53, 56).

También se puede testificar que existe una relación entre el equilibrio, la fuerza y potencia muscular siendo indicadores de futuras caídas y daños. Estar de pie es una acción básica en las personas. Y gracias al equilibrio el individuo se puede mover libremente y tener autonomía. Con el envejecimiento, el deterioro de los sistemas visual, vestibular y somatosensorial hace que no sea tan fácil mantenerlo ni tener buenas referencias espacio-temporales, un nuevo condicionante sobre el riesgo de tener alguna caída y pérdida en la autonomía del AM (46). Si se hace un análisis del papel que ejerce la musculatura del cuerpo sobre la postura se aprecia que a nivel de las extremidades inferiores, la fuerza del tibial anterior y del gastrocnemius, de los isquiotibiales, de los cuádriceps, de los abductores y de los abductores de la cadera, son determinantes para mantener la estabilidad postural cuando la persona se encuentra en bipedestación, no siendo tan importante otros parámetros histológicos, como la rigidez del tendón. Aunque si se está en una posición de equilibrio (tándem o monopodal), sí son determinantes las características mecánicas del tendón del gastrocnemio. Asimismo, los cambios en la estructura del tendón, que se han comentado en el capítulo anterior, son los responsables de la mala recuperación de la postura y de mantener el equilibrio, cuando el AM sufre algún tipo de tropiezo durante la marcha (53). Algunos de los componentes citados, sus cambios, consecuencias y posibles tratamientos, se resumen en la siguiente Tabla 2.6 (53, 56-61).

**Tabla 2.6. Componentes sensoriales y motores que se afectan durante el proceso del envejecimiento. Tabla elaboración propia (48-55).**

Capacidades	Componentes	Consecuencias	Tratamiento
<b>Sensoriales</b>			Ejercicio físico
		Disminución velocidad de reacción	Ejercicio de fuerza
	Visuales	Alteración control postural	Ejercicio de equilibrio
	Vestibulares	Disminución del equilibrio	Flexibilidad
	Sistema somatosensorial	Déficit de propiocepción Alteración de la coordinación Aumento de las caídas	PNF Pilates Tai-chi <i>Biofeddback</i>
<b>Motoras</b>	Fuerza	Pérdida de fuerza y potencia	Igual que en las capacidades sensoriales
	Flexibilidad	Disminución de la amplitud articular	

Por otro lado, en la actualidad también son muchos los programas que incluyen el entrenamiento de la marcha (33, 34, 45, 62). Cuando se analiza la marcha, un factor fundamental para que ésta sea adecuada son los cambios que se producen en la estructura y funcionalidad del tobillo, ya que su amplitud total de movimiento se ve afectada, puesto que los grados en los movimientos de flexión dorsal y plantar se disminuyen, con las consecuencias de disminución del movimiento y de afectación en la deambulación. Para disminuir estos efectos del envejecimiento el entrenamiento de la marcha se convierte en un objetivo central de los programas (33, 34, 62), pero otra posible solución podría ser el trabajo de la amplitud de movimiento y la fuerza de la musculatura flexora plantar, ya que así se consigue mantener y mejorar el equilibrio y la capacidad funcional de la persona mayor (46, 63).

Molina (26) afirma que existe una relación directa entre la fuerza muscular del tríceps sural y del cuádriceps, con la capacidad de levantarse de una silla, subir escaleras y con la velocidad de la marcha. Por todo ello indica que los ancianos con sarcopenia y debilidad en las extremidades inferiores poseen dificultad para realizar las actividades anteriormente mencionadas y presentan un mayor riesgo de dependencia y de sufrir

caídas, ya que también existe una relación entre la fatiga de los músculos de la articulación del tobillo y la edad, hecho que influye en control de la postura (64), así como en la deambulación (65).

Para combatir todos los problemas ocasionados con la alteración del equilibrio y la postura, se efectúan programas de entrenamiento para aumentar la fuerza muscular, el equilibrio, el core y la estimulación sensorial. Estos programas se basan en trabajar la fuerza muscular y la potencia de las extremidades inferiores principalmente, pero también de la musculatura del core para estabilizar la musculatura de la espalda y de la pelvis, así como de las extremidades superiores (57, 58). Además, ya se ha señalado la cada vez mayor prevalencia de los programas multicomponente específicos para esta población (33, 34, 45, 62), programas en los que se incide en el trabajo de la propiocepción y el equilibrio tanto dinámico como estático, la fuerza funcional para combatir las consecuencias de la sarcopenia, con ejercicios tanto de las extremidades inferiores como las superiores, el core, la potencia, y la aptitud cardiorespiratoria, incluso el apoyo de las técnicas de biofeedback visual utilizadas en los programas de realidad virtual. Aunque se ha visto que estos ejercicios de última tecnología influyen positivamente en el equilibrio y postura del AM, no existe suficiente evidencia que avalen los estudios realizados ya que la metodología utilizada no está bien especificada (52, 56, 66). Llama la atención que la flexibilidad no se señala como objetivo central de ninguna de estas propuestas de entrenamiento más holísticas, funcionales y multicomponente.

También es importante señalar la posibilidad de otras técnicas como la FNP, muy usada en la fisioterapia, que recupera la funcionalidad de la marcha, aumenta la coordinación, propiocepción y equilibrio a través de la utilización de patrones terapéuticos con movimientos diagonales, que trabajan la fuerza, coordinación y fuerza, así como la función neuromuscular con estímulos visuales, auditivos y táctiles.

En cuanto a la cuestión relativa a qué tipo de tratamiento es más efectivo, se han realizado diversos estudios en AM donde se comparan los diferentes tipos de ejercicios, así como con diferentes tipos de actividad física como el pilates y el tai-chi. Aunque se necesitan más evidencias científicas para poder determinar la metodología de actuación

## Capítulo II

de estos métodos de tratamiento, se puede concluir que en general los programas de entrenamiento dirigidos a AM, cuando la duración es superior a 4 semanas y la intensidad es moderada a vigorosa, mejoran la fuerza, la potencia muscular, el movimiento y en consecuencia el equilibrio y la postura. Si se comparan con otras actividades hay autores que defienden el método pilates, por su trabajo específico en la musculatura del core, como un precursor también de la mejoría del equilibrio, aunque otros autores manifiestan no encontrar beneficios si se compara con un grupo control. Por otro lado, los beneficios del tai-chi, comparados con el ejercicio de fuerza poseen unos efectos similares ante el control postural (57-60, 67-71). Si se compara con las nuevas tecnologías virtuales, aunque aparentemente se mejora el equilibrio y la postura la evidencia todavía es escasa (66).

En cualquier caso, lo realmente importante es que con todos estos efectos positivos sobre el equilibrio, postura y marcha se disminuyen la pérdida de autonomía y se gana en funcionalidad (58). En general, se puede concretar que la actividad física posee efectos positivos en todos los cambios mencionados anteriormente, sobre todo cuando se la plantea como alternativa frente a un alto índice de actividades sedentarias. Y no se debe olvidar a aquellos AM que por sus discapacidades y falta de autonomía no pueden formar parte de planes de entrenamiento fuera de casa pero que con ejercicios donde pueden permanecer sentados van a obtener beneficios igualmente (72).

## 2.7. Rango de movilidad, flexibilidad y fuerza en el AM

Para finalizar esta introducción sobre el entrenamiento de los AM, es necesario hablar sobre el movimiento, la flexibilidad y la fuerza. Se debe tener en cuenta que ocurre con los rangos de movilidad articular (del inglés, *range of movement*: ROM), pues el descenso de la movilidad articular a la hora de realizar cualquier actividad de la vida diaria puede ser un problema para que el AM sea efectivamente independiente y funcional.

Junto a los factores fisiológicos ya señalados: degeneración articular, ligamentosa, tendinosa y muscular, la pérdida de movimiento se acentúa por la disminución de agua en los tejidos, los cambios en la elastina y el aumento de colágeno en el músculo y en el tejido conectivo situado en la cápsula articular y ligamentos (76). El músculo tiende a acortarse y se ve afectado el movimiento (76). Otros factores como el género, la edad y la realización de actividad física también son influyentes en su calidad (77).

En la Tabla 2.7 y Tabla 2.8 se muestra una relación entre los grados normativos de la flexo-extensión de la articulación de la cadera y de la flexión de la rodilla, comparado con los valores articulares originados con los efectos del envejecimiento. Roach, en su estudio (75), indica que existen ciertas limitaciones, ya que las mediciones se hicieron redondeando sobre 5° y el movimiento examinado a veces iba a favor de la gravedad y otras en contra. Pero debido al gran tamaño de la muestra se consideran bastante fiables para ser tomados como referencias.

**Tabla 2.7. Valores normativos de ROM. Tabla de elaboración propia (75).**

Articulación	Movimiento	Valores normativos
Cadera	Flexión	125° - 115°
	Extensión	10° - 30°
Rodilla	Flexión	150° - 130°

**Tabla 2.8. Valores normativos de ROM en función diferentes rangos de edad. Tabla de elaboración propia (75, 105)**

Articulación	Movimiento	Valores normativos		
		25 - 39	40 - 59	60 - 74
Cadera	Flexión	122°	120°	118°
	Extensión	22°	18°	17°
Rodilla	Flexión	134°	132°	131°
Tobillo	Flexión plantar	55 +/-3*	52 +/-7*	46 +/-7*
	Flexión dorsal	12 +/-4*	12 +/-4*	8 +/-7*

\*Rango de edades aproximados

Para determinar si la calidad de vida del AM está limitada hay que valorar hasta qué grado la realización de sus AVD se ven limitadas por las pérdidas en su ROM y sobre todo en qué articulaciones se producen los cambios más perjudiciales.

Dentro de la extremidad superior, el hombro juega un papel fundamental a la hora de efectuar actividades básicas cotidianas como asearse, peinarse, vestirse o coger objetos. Autores en el pasado analizaron los grados necesarios para que el hombro fuera funcional. Un movimiento poco estudiado y no por ello menos importante es la ABD de hombro. Se necesitan 170° para que la persona pueda ducharse, 130° para llevar la mano a la espalda, 60° para ponerse un calcetín y 50° para calzarse. Es por ello, que para que el hombro sea funcional debemos incluir ejercicios donde directa o indirectamente, a partir de la flexión, se ejercite la ABD (74).

Si se considera la importancia de las articulaciones de las EEII en las AVD, es obvio que la marcha constituye un factor determinante para el estado de salud y la calidad de vida del individuo. Se ha relacionado el descenso de la velocidad con la pérdida de flexibilidad articular, así como alteraciones de los diferentes sistemas fisiológicos, considerándose la marcha como un indicador del aumento de la esperanza de vida (78). Esta importancia justifica el mayor número de trabajos que analiza la repercusión del envejecimiento sobre la pérdida de movimiento de las articulaciones de las EEII con repercusión en la alteración de la marcha en el AM y la posibilidad de padecer una caída (72-76).

El rango de movimiento de la articulación de la cadera se ve perjudicado con el envejecimiento, ya que la extensión de la cadera se ve deteriorada y disminuye en el AM durante la marcha. Concretamente, existe una relación proporcional entre la pérdida del ROM y los años, aproximada del 30% en los AM. Además, esta pérdida va acompañada de una anteriorización de la pelvis en el momento de la deambulación, así como un acortamiento de la musculatura flexora de cadera y dolor lumbar. Una posible solución para aumentar el ROM es trabajar sobre la flexibilidad de la musculatura flexora de cadera, y realizar estiramientos, así como andar diariamente, ya que mediante este ejercicio de intensidad moderada se consigue trabajar la extensión de la cadera, a la vez que se estira la musculatura flexora (77-80). Se afirma que si se alcanzan los 90° de flexión la cadera, se dice que ésta puede ser funcional. Un inconveniente es la masa grasa que pueda presentar el AM alrededor de la cadera, elemento que va a dificultar la flexión de la articulación (81).

Para poder considerar una rodilla funcional es necesario que pueda alcanzar los 90° de flexión, ROM necesario para que el AM pueda levantarse de una silla y colocar la EEII dentro del centro de gravedad, ponerse los pantalones, los zapatos o salir de una bañera. Por otro lado, la presencia de grasa alrededor de la articulación va a ser condicionante para que la rodilla no pueda realizar un mayor arco de movimiento. Un hecho curioso es que, tanto la cadera como la rodilla, están relacionadas entre sí, de tal forma que si en una articulación se producen cambios en la otra también (81).

En cuanto al tobillo, destaca concretamente la flexión plantar, en la que se pierde de media un 12 % de ROM en el AM. Y se necesitan al menos 10° de flexión dorsal para que el apoyo de la marcha sea adecuado. Esto es debido a los cambios mecánicos e histológicos, e incluso aparecen movimientos compensatorios que provocan alteraciones en el equilibrio. Junto a la pérdida de ROM, va unida una debilidad muscular (82-85).

Otra manera de evaluar la flexibilidad si se entiende como, “la capacidad de realizar un movimiento en todo su rango articular”, (86) es por medio de los Test de flexibilidad del Senior Fitness Test (SFT), Sit and Reach and Back Scratch. A continuación, en la Tabla 2.9 se muestran valores representativos para los AM.

**Tabla 2.9. Valores normativos de flexibilidad en EESS y EEII. Tabla de elaboración propia (86).**

Variable	Rango edad	Hombres	Mujeres
Flexibilidad EEII	70-74 años	-9/+6	-3/+10
Flexibilidad EESS	70-74 años	-20/-3	-10/+3

El término de flexibilidad es un poco ambiguo. Existen bastantes errores del concepto de la palabra y diferentes clasificaciones de la misma. Dentro del concepto flexibilidad intervienen diferentes elementos, como son la movilidad, amplitud articular, elongación muscular entre otros. El movimiento va a depender de la capacidad de elongación del músculo y otros tejidos como los ligamentos, tendones y aponeurosis, la articulación, la edad, sexo, y actividad física. En función exista contracción muscular o no, se habla de flexibilidad activa o pasiva, de todas formas, ambos conceptos hacen referencia a la amplitud de movimiento conseguida a partir de la musculatura o partir de una ayuda externa (87, 88).

Una definición de flexibilidad puede ser aquella, donde al hablar de la flexibilidad se hace referencia a la amplitud del movimiento dependiendo de la capacidad de elongación de la musculatura y tendones. El problema es que con los años esta capacidad va descendiendo debido a los cambios musculares como al descenso de actividad ocasionando afectaciones en el movimiento (89). En los AM esta capacidad muscular ha sido estudiada mediante el SFT, donde los Test utilizados han sido validados (86).

Otras de las características que definen la condición física del AM, es la fuerza (85). En la Tabla 2.10, se presenta valores normativos en función de la edad y el género para determinar la condición física de los AM nivel de las EESS como de las EEII.

**Tabla 2.10. Valores normativos de fuerza muscular en EESS y EEII. Elaboración propia (85).**

Variable	Rango edad	Hombres	Mujeres
Fuerza EEII	70-74 años	105,9-118,8	52,1-65,4
Fuerza EESS	70-74 años	35,7-41,2	20,1-23



## **2.8. Actividad física en el Adulto mayor. Beneficios y programas de entrenamiento.**

Para que el AM tenga la mayor autonomía y calidad de vida posible, es de vital importancia que participe en programas de actividad física para poder reducir los riesgos fisiológicos que conlleva el proceso del envejecimiento. Mediante los planes de entrenamiento se va a conseguir mejorar la condición física del paciente. Un aspecto a considerar es que estos planes de entrenamiento deben contemplar la lateralidad por igual, ya que el lado dominante suele tener mayor flexibilidad que el lado no dominante (85). Aquellas personas que son sedentarias pueden encontrar inconvenientes a la hora de realizar sus AVD, e incluso en algunos casos, necesitar ayuda. Sin embargo, si se cambian sus hábitos de vida y se introduce la realización de ejercicio físico de intensidad moderada de forma regular, se va a conseguir alcanzar y/o aumentar la condición física del AM. Consecuentemente, el grado de autonomía se ve aumentado, así como la longevidad del AM, haciéndolo más resistente a padecer enfermedades (86, 87). Existen programas de entrenamiento para mejorar el movimiento indicado para aquellos AM que por diferentes causas no pueden realizar ejercicios de intensidad elevada (88).

En la siguiente, Tabla 2.11, se resumen los efectos que el ejercicio físico posee en el individuo que realiza algún tipo de actividad moderada (87, 89).

**Tabla 2.11. Beneficios de la práctica de actividad física de forma regular. Tabla de elaboración propia (87, 89)**

<b>Enfermedades cardiovasculares</b>	Hipertensión arterial Cardiopatía isquémica Accidente cerebral vascular
<b>Obesidad</b>	Grasa Abdominal Mantener peso corporal
<b>Enfermedad metabólica</b>	Diabetes
<b>Sistema musculoesquelético</b>	Osteoporosis Fracturas Fuerza muscular
<b>Función cognitiva</b>	Demencia y/o Alzheimer Atención Decisión
<b>Aspectos psicológicos</b>	Depresión Ansiedad
<b>Cáncer</b>	Colon Mama Pulmón
<b>Sistema Inmunológico</b>	Enfermedades inmunes Enfermedades inflamatorias

El ejercicio físico regular de intensidad moderada posee diversos efectos sobre el organismo. Por ejemplo, la incidencia de sufrir algún tipo de enfermedad cardiovascular, como la hipertensión arterial, la cardiopatía isquémica o los Accidente Vascular Cerebral (AVC), se ve reducida considerablemente. Por otro lado, junto con la asociación de hábitos saludables, el hecho de padecer enfermedades metabólicas también se ve disminuido, y con ello el riesgo de sufrir obesidad y diabetes. Hay que insistir que referente a la obesidad, tener una dieta equilibrada es fundamental. A nivel del sistema músculo-esquelético, la actividad moderada ejerce un papel fundamental en disminuir el riesgo de tener osteoporosis, ya que los ejercicios con pequeños impactos favorecen la actividad de los osteoblastos. Hay que indicar que la práctica habitual debe ser tanto antes de los 30 años como después, ya que éste es fundamental durante la niñez junto con un aporte de calcio para que la formación del hueso se haga de forma correcta.

Referente a la función cognitiva y psicológica, posee un factor protector ante enfermedades degenerativas del SNC como la demencia y el Alzheimer y los estados depresivos y ansiosos, e incluso mejora la capacidad de decisión y resolutive, así como la atención. Cabe mencionar que, aunque son necesarios más estudios que avalen su efectividad, el ejercicio parece disminuir el riesgo de padecer cáncer de colon, de mama o de pulmón (87, 93).

No hay que olvidarse de las consecuencias que conlleva el dejar de practicar de forma habitual un plan de entrenamiento, puesto que los efectos del desentrenamiento hacen que la calidad de vida empeore, afectándose la fuerza y la amplitud de movimiento. No obstante, se debería realizar mayores seguimientos para comprobar los efectos existentes al dejar el programa de entrenamiento (90-92).

Se han analizado diferentes programas de entrenamiento. Tradicionalmente, se ha considerado que el efecto que el entrenamiento de fuerza ejerce sobre el músculo, no son beneficiosos, ya que pueden aumentar la tensión del músculo en fase de relajación con lo que la flexibilidad muscular disminuiría. Sin embargo, en estudios recientes se ha comprobado que el entrenamiento de fuerza parece mejorar la flexibilidad en el AM y la fuerza muscular (93,94). La evidencia nos demuestra que en aquellos programas donde se trabaja la resistencia, la fuerza, el equilibrio y la flexibilidad, hacen que la condición física del AM mejore e incluso se relaciona la fuerza muscular con una menor incidencia de discapacidad. Incluso existen estudios donde para incrementar la fuerza en aquellos AM que son más vulnerables y no pueden realizar un entrenamiento de intensidad moderada, se combinan ejercicios de baja intensidad con ejercicios de elevado esfuerzo motor voluntario (46, 95-97).

Existen diversos estudios que marcan una serie de directrices que debe contemplarse en cualquier tipo de plan o programa y hace recomendaciones tanto cuantitativas como cualitativas del tipo de entrenamiento que debe realizarse, y que siempre debe ser personalizado a cada AM, en función su condición física previa. En estas recomendaciones (Tabla 2.12) se contempla tanto el ejercicio aeróbico, como de fuerza muscular y de equilibrio puesto que conjuntamente ayudan a alcanzar las mejoras y beneficios por la práctica deportiva (87, 95, 98).

**Tabla 2.12. Recomendaciones cuantitativas y cualitativas del ejercicio físico. Elaboración propia (87,95).**

Tipo de ejercicio	
<b>Cardiorespiratorio</b>	Intensidad moderada* (30', 5d/s)
	Intensidad media**( 20', 3d/s)
	Combinación de ambos
<b>Músculo-esquelético</b>	Ejercicios de fuerza
	Estiramientos
<b>Neuromotor</b>	Ejercicios de equilibrio
	Ejercicios de coordinación

\*60 – 70 % 1RM; \*\*> 80% 1RM.

El número de semanas de duración del programa de ejercicios para obtener beneficios con los entrenamientos oscila desde las 12-16 semanas, incluso se puede extender hasta los 6 meses (91, 99, 100). Se puede afirmar que el ejercicio regular practicado 2-3 veces a la semana durante 45-60 minutos posee múltiples beneficios sobre el individuo, ya sea un entrenamiento de fuerza, un entrenamiento multicomponente o ejercicios de Tai-chi y/o Pilates, e incluso hay un estudio que nos muestra que aquel entrenamiento realizado en el agua mejora considerablemente la movilidad, siendo muy indicado en personas con limitaciones funcionales (101). Sin embargo, se necesitan estudios de mayor calidad metodológica para determinar la cantidad y calidad del programa de actividades (102-104). También se ha visto, que con menos semanas de entrenamiento, como pueden ser 8 o 10 semanas existen mejoras en el ROM tras un entrenamiento de fuerza (87-88, 93,104).

El objetivo que se busca mediante la práctica de programas de entrenamiento es conseguir que las capacidades físicas del AM, como es la fuerza, la masa muscular y el equilibrio, entre otras, no se vean deterioradas con el proceso del envejecimiento, para no verse perjudicadas las AVD (97). No se debe olvidar que hay que estimular y promover la actividad física en la población en todos sus rangos de edad, con finalidad preventiva y terapéutica y sobre todo en el AM, para favorecer el envejecimiento activo (38).

## 2.9. Planteamiento del estudio

Una vez analizados algunos de los cambios músculo-esqueléticos que se dan con el envejecimiento, la relación que guardan estos cambios con la pérdida de autonomía y calidad de vida del ser humano, la necesidad de preservar su funcionalidad a través del entrenamiento de cualidades como la fuerza y el equilibrio, y finalmente el deterioro de la movilidad articular o amplitud del movimiento, de nuevo con repercusión sobre la funcionalidad del Adulto Mayor, se plantea la necesidad de analizar los posibles efectos sobre la movilidad articular de aquellos entrenamientos multicomponente que la trabajan pero no la consideran como objetivo central de sus programas. Si como hemos visto, las mejoras de la movilidad articular del AM parece que son importantes, y repercuten de forma directa sobre la capacidad para mantener las AVD y la calidad de vida del AM, debería analizarse si los programas de entrenamiento multicomponente que no incluyen de forma específica su entrenamiento son suficientes para mantener, o incluso mejorar los rangos de movilidad considerados saludables, o si por el contrario se está incurriendo en un error al centrarse en otros parámetros dejando de lado el entrenamiento de la movilidad como objetivo prioritario. Esto último sería aportar mejoras parciales para los AM, pues la pérdida de rango de movimiento tiene influencia directa sobre las limitaciones en la funcionalidad y la privación de independencia para realizar las AVD, así como sobre el aumento del riesgo de sufrir caídas. Desde el año 2009, el grupo de investigación UIRFIDE (<http://www.uv.es/uvweb/servei-investigacio/ca/grups-investigacio/grup-285949714098.html?p2=GIUV2013-140>) viene trabajando desde la Universitat de València en la mejora de la capacidad funcional y la calidad de vida del AM, proceso a través del cual ha desarrollado el programa EFAM-UV© (2). Entre sus objetivos, el programa EFAM-UV© persigue la mejora de la fuerza, el equilibrio dinámico, la calidad de la marcha, el control postural, la función ejecutiva y la habilidad motriz como soporte de la mejora funcional y cardiorespiratoria del AM, pero considera que la amplitud articular se preserva y mejora de forma secundaria, sin necesidad de entrenar la cualidad tradicionalmente llamada “flexibilidad”. Es esta última afirmación la que se

convierte en hipótesis central de este trabajo y soporta la investigación realizada para esta tesis doctoral.

### 2.10. Objetivos e hipótesis de trabajo

Como se ha indicado a lo largo de la introducción, la masa, la fuerza muscular y la flexibilidad, sufren una serie de cambios con la edad, pero en los estudios realizados se ha observado que la realización de una actividad física de fuerza con resistencia posee efectos positivos ante el envejecimiento muscular, y con ello es de suponer que esos efectos positivos van a manifestarse en que la persona mayor posea una mejor calidad de vida. Tras la revisión bibliográfica realizada en base a los cambios músculo-esqueléticos que se dan lugar con el envejecimiento, y la relación que guardan con la autonomía y la calidad de vida del ser humano, así como el estudio de la amplitud del movimiento, se plantea la mejora de esta última en el AM a partir de un programa de entrenamiento donde se trabaja la fuerza muscular. De confirmarse dicha transferencia, se compensaría una afectación que puede ser responsable de uno de los grandes problemas de la persona mayor, la pérdida de rango de movimiento y como consecuencia de ello, la privación de funcionalidad e independencia para que la persona mayor pueda realizar sus AVD y el aumento del riesgo de sufrir caídas.

#### **Hipótesis**

En cuanto a nuestra hipótesis de trabajo inicial: La experiencia de años previos en el programa lleva a pensar que el seguimiento del plan de entrenamiento EFAM-UV© durante un curso escolar mejorará la funcionalidad, con mejoras en la Fuerza de la EEII y equilibrio dinámico. Además, no tendrá repercusiones sobre la fuerza de las EESS medida como fuerza de presión. Las mejoras se acompañarán de una ganancia en el ROM y flexibilidad en la mayoría de las articulaciones fundamentales. Se asume que estas mejoras se mantienen en el tiempo, y que los AM usuarios del programa se encuentran mejor que cuando empezaron. Por tanto, tres meses de descanso no eliminan las mejoras conseguidas en fuerza, equilibrio dinámico, ROM y flexibilidad.

inicio del siguiente curso escolar teniendo los usuarios del programa una mejor capacidad que antes de su ingreso en el curso anterior.

### **Objetivo general**

Estudiar los efectos sobre la amplitud de movimiento y la flexibilidad en un grupo de AM sujetos a un programa multicomponente de entrenamiento neuromotor (programa EFAM-UV©) centrado en el entrenamiento de fuerza funcional, con especial repercusión sobre el control postural y la marcha.

### **Objetivos específicos:**

1. Cuantificar los cambios sobre la amplitud de movimiento o rango articular (ROM) en las principales articulaciones, tras 8 meses de entrenamiento EFAM-UV©.
2. Constatar las mejoras en fuerza atribuidas al programa EFAM-UV©, fundamentalmente en lo que afecta a las extremidades implicadas en la marcha.
3. Corroborar estas mismas mejoras sobre el equilibrio dinámico.
4. Comprobar si las mejoras propuestas en amplitud articular, fuerza y equilibrio repercuten sobre una mayor flexibilidad muscular tras el entrenamiento.
5. Estudiar los efectos que se producen al dejar el programa EFAM-UV© durante los meses de descanso, sobre las variables analizadas.
6. Comparar la capacidad funcional de los usuarios del programa EFAM-UV© al inicio del mismo y justo un año después, previo al inicio del siguiente curso.

## Capítulo II

### Bibliografía

1. INE. ENCUESTA DE DISCAPACIDAD, AUTONOMÍA PERSONAL Y SITUACIONES DE DEPENDENCIA. 2008.
2. Blasco-Lafarga C, Martínez-Navarro I, Cordellat A, Roldán A, Monteagudo-Chiner P, Sanchis-Soler G, et al., Inventors; Universitat de València, apoderado. Método de entrenamiento funcional cognitivo neuromotor EFAM-UV. Propiedad intelectual ES 156069, 24-10-2016.
3. Rebelatto JR, da Silva JG. Fisioterapia geriátrica: McGraw-Hill Interamericana; 2005.
4. Alvarado García AM, Maya S, María Á. Análisis del concepto de envejecimiento. Gerokomos. 2014;25(2):57-62.
5. Sarabia Cobo CM. Envejecimiento exitoso y calidad de vida: Su papel en las teorías del envejecimiento. Gerokomos. 2009;20(4):172-4.
6. Causapié P, Balbontín A, Porrás M, Mateo A. Envejecimiento activo. Libro blanco. Madrid: Ministerio de Sanidad, Política Social e Igualdad; 2011.
7. García RF-B, Casinello MDZ, Bravo MDL, Nicolás JD, López PM, Del Moral RS. Envejecimiento con éxito: criterios y predictores. Psicothema. 2010;22(4):641-7.
8. Menec VH. The relation between everyday activities and successful aging: A 6-year longitudinal study. The Journals of Gerontology Series B: Psychological Sciences and Social Sciences. 2003;58(2):S74-S82.
9. Christensen K, Doblhammer G, Rau R, Vaupel JW. Ageing populations: the challenges ahead. The lancet. 2009;374(9696):1196-208.
10. Depp CA, Jeste DV. Definitions and predictors of successful aging: a comprehensive review of larger quantitative studies. The American Journal of Geriatric Psychiatry. 2006;14(1):6-20.
11. Zunzunegui MV, Nunez O, Durban M, de Yébenes M-JG, Otero Á. Decreasing prevalence of disability in activities of daily living, functional limitations and poor self-rated health: a 6-year follow-up study in Spain. Aging clinical and experimental research. 2006;18(5):352-8.
12. Commission EE. yearbook, ET. 2016.
13. Unidas N. Envejecimiento. 2007.
14. Navarro IM. Efectos de un programa de entrenamiento funcional sobre la variabilidad de la frecuencia cardiaca, la función ejecutiva y la capacidad condicional en adultos mayores: Universitat de València, Facultat de Ciències de l'Activitat Física i de l'Esport; 2014.
15. Perez Díaz J. El envejecimiento de la población española. 2010.
16. Cuadrado P. Evolución reciente y proyecciones de la población en España. Boletín Económico del Banco de España. 2014(49).



17. Casquero FC. Esperanza de vida en España. *eXtoikos*. 2012(5):135-7.
18. Economic UNDo. World population ageing 2009. United Nations Publications. 2010;295.
19. Abellán A, Esparza C, Castejón P, Pérez J. Epidemiología de la discapacidad y la dependencia de la vejez en España. *Gaceta Sanitaria*. 2011;25:5-11.
20. Narici MV, Maffulli N. Sarcopenia: characteristics, mechanisms and functional significance. *British medical bulletin*. 2010;95(1):139-59.
21. Argilés JM, Busquets S, López-Soriano FJ, Figueras M. Fisiología de la sarcopenia: Similitudes y diferencias con la caquexia neoplásica. *Nutrición Hospitalaria*. 2006;21:38-45.
22. Burgos Peláez R. Sarcopenia en ancianos. *Endocrinología y Nutrición*. 2006;53(5):335-45.
23. Morley JE, Abbatecola AM, Argiles JM, Baracos V, Bauer J, Bhasin S, et al. Sarcopenia with limited mobility: an international consensus. *Journal of the American Medical Directors Association*. 2011;12(6):403-9.
24. Cruz-Jentoft AJ, Baeyens JP, Bauer JM, Boirie Y, Cederholm T, Landi F, et al. Sarcopenia: European consensus on definition and diagnosis Report of the European Working Group on Sarcopenia in Older People. *Age and ageing*. 2010;afq034.
25. Martínez JO, García JM, Macías JG. Envejecimiento músculo-esquelético. *Revista Española de Enfermedades Metabólicas Óseas*. 2007;16(1):1-7.
26. Molina J. Sarcopenia en la pérdida funcional: rol del ejercicio. *Revista Hospital Clínico Universidad de Chile*. 2008;19:302-8.
27. Mitchell WK, Williams J, Atherton P, Larvin M, Lund J, Narici M. Sarcopenia, dynapenia, and the impact of advancing age on human skeletal muscle size and strength; a quantitative review. *Physiology and Pathophysiology of Musculoskeletal Aging*. 2015;3:1-18.
28. Frontera WR, Hughes VA, Fielding RA, Fiatarone MA, Evans WJ, Roubenoff R. Aging of skeletal muscle: a 12-yr longitudinal study. *Journal of Applied Physiology*. 2000;88(4):1321-6.
29. Maruszak A, Żekanowski C. Mitochondrial dysfunction and Alzheimer's disease. *Progress in Neuro-Psychopharmacology and Biological Psychiatry*. 2011;35(2):320-30.
30. Multani AS, Chang S. WRN at telomeres: implications for aging and cancer. *Journal of cell science*. 2007;120(5):713-21.
31. Blasco-Lafarga C, Sanchis-Soler G, Sanchis-Sanchis R, Valencia-Peris A. Problemática y retos de un programa de entrenamiento funcional domiciliario para ancianos pluripatológicos pacientes de UHD. In: *Área\_de\_Cultura\_y\_Deportes\_de\_la\_Diputación\_de\_Málaga*, editor. *Longevidad y Salud Innovación en la Actividad Física*. Málaga, Spain.2015. p. 644-54.

## Capítulo II

32. Sisamón Rodríguez ME. Prevención del déficit funcional en pacientes ancianos hospitalizados por enfermedad aguda: estudio preliminar de un programa de fuerza. Valencia: Universidad de Valencia; 2012.
33. Blasco-Lafarga C. Fundamentación teórica del Entrenamiento Funcional en los Adultos Mayores. In: Blasco-Lafarga C, editor. El Entrenamiento Funcional en los Adultos Mayores II Jornadas [CD-Rom]. Valencia: Departamento de Educación Física y Deportiva y GiEFAM. Universidad de Valencia.; 2013. p. 42.
34. Blasco-Lafarga C, Caus N, Sisamón M, Yángüez E. Fundamentación del entrenamiento en mayores desde la perspectiva neuromuscular. In: Blasco-Lafarga C, editor. El Entrenamiento Funcional en los Adultos Mayores II Jornadas [CD-Rom]. Valencia: Departamento de Educación Física y Deportiva y GiEFAM. Universidad de Valencia.; 2013. p. 13.
35. Clegg A, Young J, Iliffe S, Rikkert MO, Rockwood K. Frailty in elderly people. *The Lancet*. 2013;381(9868):752-62.
36. Fried LP, Tangen CM, Walston J, Newman AB, Hirsch C, Gottdiener J, et al. Frailty in older adults: evidence for a phenotype. *The journals of gerontology Series A, Biological sciences and medical sciences*. 2001;56(3):M146-56. Epub 2001/03/17.
37. Thom JM, Morse CI, Birch KM, Narici MV. Influence of muscle architecture on the torque and power–velocity characteristics of young and elderly men. *European journal of applied physiology*. 2007;100(5):613-9.
38. Herman S, Kiely DK, Leveille S, O'Neill E, Cyberey S, Bean JF. Upper and lower limb muscle power relationships in mobility-limited older adults. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*. 2005;60(4):476-80.
39. Masanes Toran F, Culla A, Navarro-Gonzalez M, Navarro-Lopez M, Sacanella E, Torres B, et al. Prevalence of sarcopenia in healthy community-dwelling elderly in an urban area of Barcelona (Spain). *The journal of nutrition, health & aging*. 2012;16(2):184-7.
40. Dudet ME. Importance of diet and physical exercise in sarcopenia prevention. *Revista española de nutrición comunitaria= Spanish journal of community nutrition*. 2001;7(3):86-91.
41. Lenk K, Schuler G, Adams V. Skeletal muscle wasting in cachexia and sarcopenia: molecular pathophysiology and impact of exercise training. *Journal of cachexia, sarcopenia and muscle*. 2010;1(1):9-21.
42. Distefano G, Goodpaster BH. Effects of Exercise and Aging on Skeletal Muscle. *Cold Spring Harbor Perspectives in Medicine*. 2017:a029785.
43. Bouaziz W, Vogel T, Schmitt E, Kaltenbach G, Geny B, Lang PO. Health benefits of aerobic training programs in adults aged 70 and over: a systematic review. *Archives of Gerontology and Geriatrics*. 2017;69:110-27.

44. Blasco-Lafarga C, Cordellat A, Roldán A, Monteagudo P. International Congress On Successful Aging & Exercise Training. Book of abstracts. Lafarga CB, editor: UIRFIDE - Universitat de València; 2016 March
45. González J, Delgado M, Contreras O, Vaquero M. Variaciones antropométricas y de fuerza entre personas de 50 a 70 años practicantes de atletismo y gimnasia de mantenimiento. *Revista Española de Geriatria y Gerontología*. 2003;38(2):79-85.
46. Jiang C-H, Ranganathan VK, Siemionow V, Yue GH. The level of effort, rather than muscle exercise intensity determines strength gain following a six-week training. *Life Sciences*. 2017.
47. Snijders T, Verdijk LB, van Loon LJ. The impact of sarcopenia and exercise training on skeletal muscle satellite cells. *Ageing research reviews*. 2009;8(4):328-38.
48. Marini M, Sarchielli E, Brogi L, Lazzeri R, Salerno R, Sgambati E, et al. Role of adapted physical activity to prevent the adverse effects of the sarcopenia. A pilot study. *Italian journal of anatomy and embryology= Archivio italiano di anatomia ed embriologia*. 2007;113(4):217-25.
49. Peterson MD, Rhea MR, Sen A, Gordon PM. Resistance exercise for muscular strength in older adults: a meta-analysis. *Ageing research reviews*. 2010;9(3):226-37.
50. Onambele GL, Narici MV, Maganaris CN. Calf muscle-tendon properties and postural balance in old age. *Journal of Applied Physiology*. 2006;100(6):2048-56.
51. Narici MV, Maffulli N, Maganaris CN. Ageing of human muscles and tendons. *Disability and rehabilitation*. 2008;30(20-22):1548-54.
52. Narici MV, Maganaris CN. Plasticity of the muscle-tendon complex with disuse and aging. *Exercise and sport sciences reviews*. 2007;35(3):126-34.
53. Narici MV, Maganaris CN. Adaptability of elderly human muscles and tendons to increased loading. *Journal of anatomy*. 2006;208(4):433-43.
54. Narici M, Maganaris C. Adaptability of elderly human muscles and tendons to increased loading. *J Anat*. 2006;208:433-43.
55. Waters D, Baumgartner R, Garry P, Vellas B. Advantages of dietary, exercise-related, and therapeutic interventions to prevent and treat sarcopenia in adult patients: an update. *Clinical Interventions in aging*. 2010;5:259.
56. Alhasan H, Hood V, Mainwaring F. The effect of visual biofeedback on balance in elderly population: a systematic review. *Clinical Interventions in aging*. 2017;12:487.
57. Orr R. Contribution of muscle weakness to postural instability in the elderly. *Eur J Phys Rehabil Med*. 2010;46(2):183-220.
58. Orr R, Raymond J, Singh MF. Efficacy of progressive resistance training on balance performance in older adults. *Sports Medicine*. 2008;38(4):317-43.

## Capítulo II

59. Muehlbauer T, Gollhofer A, Granacher U. Associations between measures of balance and lower-extremity muscle strength/power in healthy individuals across the lifespan: a systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine*. 2015;45(12):1671-92.
60. Goble DJ, Coxon JP, Wenderoth N, Van Impe A, Swinnen SP. Proprioceptive sensibility in the elderly: degeneration, functional consequences and plastic-adaptive processes. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*. 2009;33(3):271-8.
61. de Andrade Mesquita LS, de Carvalho FT, de Andrade Freire LS, Neto OP, Zângaro RA. Effects of two exercise protocols on postural balance of elderly women: a randomized controlled trial. *BMC geriatrics*. 2015;15(1):61.
62. DiBrezza R, Shadden BB, Raybon BH, Powers M. Exercise intervention designed to improve strength and dynamic balance among community-dwelling older adults. *Journal of aging and physical activity*. 2005;13(2):198-209.
63. Howe TE, Rochester L, Jackson A, Banks PM, Blair VA. Exercise for improving balance in older people. *The Cochrane Library*. 2007.
64. Zhao Y, Chung P-K, Tong TK. Effectiveness of a Community-Based Exercise Program on Balance Performance and Fear of Falling in Older Nonfallers at Risk for Falling: A Randomized, Controlled Study. *Journal of aging and physical activity*. 2016;24(4):516-24.
65. Zanotto T, Bergamin M, Roman F, C Sieverdes J, Gobbo S, Zaccaria M, et al. Effect of exercise on dual-task and balance on elderly in multiple disease conditions. *Current aging science*. 2014;7(2):115-36.
66. Menz HB, Morris ME, Lord SR. Foot and ankle characteristics associated with impaired balance and functional ability in older people. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*. 2005;60(12):1546-52.
67. Qu X, Nussbaum MA, Madigan ML. Model-based assessments of the effects of age and ankle fatigue on the control of upright posture in humans. *Gait & posture*. 2009;30(4):518-22.
68. Pizzigalli L, Filippini A, Ahmaidi S, Jullien H, Rainoldi A. Prevention of falling risk in elderly people: the relevance of muscular strength and symmetry of lower limbs in postural stability. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2011;25(2):567-74.
69. Laufer Y, Dar G, Kodesh E. Does a Wii-based exercise program enhance balance control of independently functioning older adults? A systematic review. *Clinical Interventions in aging*. 2014;9:1803.
70. Gabizon H, Press Y, Volkov I, Melzer I. The Effects of Pilates Training on Balance Control and Self-Reported Health Status in Community-Dwelling Older Adults: A Randomized Controlled Trial. *Journal of aging and physical activity*. 2016;24(3):376-83.

71. Markovic G, Sarabon N, Greblo Z, Krizanac V. Effects of feedback-based balance and core resistance training vs. Pilates training on balance and muscle function in older women: A randomized-controlled trial. *Archives of Gerontology and Geriatrics*. 2015;61(2):117-23.
72. Baker MK, Atlantis E, Singh MAF. Multi-modal exercise programs for older adults. *Age and ageing*. 2007;36(4):375-81.
73. de Oliveira MR, da Silva RA, Dascal JB, Teixeira DC. Effect of different types of exercise on postural balance in elderly women: a randomized controlled trial. *Archives of Gerontology and Geriatrics*. 2014;59(3):506-14.
74. Barnett A, Smith B, Lord SR, Williams M, Baumand A. Community-based group exercise improves balance and reduces falls in at-risk older people: a randomised controlled trial. *Age and ageing*. 2003;32(4):407-14.
75. Roach, Kathryn E, Miles, TP. Normal hip and knee active range of motion: the relationship to age. *Phys Ther*. 1991;71(9):656-665.
76. Cristobal RV, González-Moro IM, Ros E, Cárceles FA. Evolución de la fuerza, flexibilidad, equilibrio, resistencia y agilidad de mujeres mayores activas en relación con la edad. *European Journal of Human Movement*. 2012(29):29-47.
77. Matos Duarte M. Evolución de la flexibilidad funcional en mayores de 65 años. 2016.
78. Studenski S, Perera S, Patel K, Rosano C, Faulkner K, Inzitari M, et al. Gait speed and survival in older adults. *Jama*. 2011;305(1):50-8.
79. Kerrigan DC, Lee LW, Collins JJ, Riley PO, Lipsitz LA. Reduced hip extension during walking: healthy elderly and fallers versus young adults. *Archives of physical medicine and rehabilitation*. 2001;82(1):26-30.
80. Lee LW, Zavarei K, Evans J, Lelas JJ, Riley PO, Kerrigan DC. Reduced hip extension in the elderly: dynamic or postural? *Archives of physical medicine and rehabilitation*. 2005;86(9):1851-4.
81. Escalante A, Lichtenstein MJ, Dhanda R, Cornell JE, Hazuda HP. Determinants of hip and knee flexion range: results from the San Antonio Longitudinal Study of Aging. *Arthritis care and research*. 1999;12:8-18.
82. Barak Y, Wagenaar RC, Holt KG. Gait characteristics of elderly people with a history of falls: a dynamic approach. *Physical therapy*. 2006;86(11):1501.
83. Agarwal T, Agarwal PR. Correlation between ankle range of motion and balance in community-dwelling elderly population. *Indian Journal of*. 2012;6(2):127.
84. Anderson DE, Madigan ML. Healthy older adults have insufficient hip range of motion and plantar flexor strength to walk like healthy young adults. *Journal of biomechanics*. 2014;47(5):1104-9.

## Capítulo II

85. Camiña Fernández F, Cancela Carral J, Romo Pérez V. La prescripción del ejercicio físico para personas mayores. Valores normativos de la condición física. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*. 2001;1(2):136-54.
86. Vicente JM, Rodríguez HM, Montesinos JLG, Gallardo PR, Camerino AA. Medición del grado de aptitud física en adultos mayores. *Atención primaria*. 2007;39(10):565-8.
87. Aparicio García-Molina VA, Carbonell-Baeza A, Delgado Fernández M. Beneficios de la actividad física en personas mayores. 2010.
88. Stanziano DC, Roos BA, Perry AC, Lai S, Signorile JF. The effects of an active-assisted stretching program on functional performance in elderly persons: A pilot study. *Clinical Interventions in aging*. 2009;4(1):115-20.
89. Cenarruzabeitia JJV, Hernández JAM, Martínez-González MÁ. Beneficios de la actividad física y riesgos del sedentarismo. *Medicina clínica*. 2003;121(17):665-72.
90. Bocalini D, Serra A, Rica R, dos Santos L. Repercussions of training and detraining by waterbased exercise on functional fitness and quality of life: a short-term follow-up in healthy older women. *Clinics*. 2010;65(12):1305-9.
91. Fatouros IG, Kambas A, Katrabasas I, Leontsini D, Chatzinikolaou A, Jamurtas AZ, et al. Resistance training and detraining effects on flexibility performance in the elderly are intensity-dependent. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2006;20(3):634-42.
92. Liu C-j, Latham NK. Progressive resistance strength training for improving physical function in older adults. *Cochrane Database Syst Rev*. 2009;3(3).
93. Barbosa AR, Santarém JM, Jacob Filho W, Marucci MDFN. Effects of resistance training on the sit-and-reach test in elderly women. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2002;16(1):14-8.
94. Peterson MD, Rhea MR, Sen A, Gordon PM. Resistance exercise for muscular strength in older adults: a meta-analysis. *Ageing research reviews*. 2010;9(3):226-37.
95. Garber CE, Blissmer B, Deschenes MR, Franklin BA, Lamonte MJ, Lee I-M, et al. Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: guidance for prescribing exercise. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2011;43(7):1334-59.
96. Borde R, Hortobágyi T, Granacher U. Dose–response relationships of resistance training in healthy old adults: a systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine*. 2015;45(12):1693-720.
97. de Farias MC, Borba-Pinheiro CJ, Oliveira MA, de Souza Vale RG. Efectos de un programa de entrenamiento concurrente sobre la fuerza muscular, flexibilidad y autonomía funcional de mujeres mayores. *Revista Ciencias de la Actividad Física*. 2014;15(2).

98. Bayego ES, Vila GS, Martínez IS. Prescripción de ejercicio físico: indicaciones, posología y efectos adversos. *Medicina clínica*. 2012;138(1):18-24.
99. Fatouros I, Taxildaris K, Tokmakidis S, Kalapotharakos V, Aggelousis N, Athanasopoulos S, et al. The effects of strength training, cardiovascular training and their combination on flexibility of inactive older adults. *International journal of sports medicine*. 2002;23(02):112-9.
100. Jiang C, Ranganathan VK, Zhang J, Siemionow V, Yue GH. Motor effort training with low exercise intensity improves muscle strength and descending command in aging. *Medicine*. 2016;95(24):e3291.
101. Plachy J, Kovách M, Bognár J. Improving flexibility and endurance of elderly women through a six-month training programme. *Human Movement*. 2012;13(1):22-7.
102. Paw MJCA, Chin A, van Uffelen JG, Riphagen I, van Mechelen W. The functional effects of physical exercise training in frail older people. *Sports Medicine*. 2008;38(9):781-93.
103. Stathokostas L, Little R, Vandervoort A, Paterson DH. Flexibility training and functional ability in older adults: a systematic review. *Journal of aging research*. 2012;2012.
104. Cyrino ES, Oliveira ARd, Leite JC, Porto DB, Dias RMR, Segantin AQ, et al. Flexibility behavior after 10 weeks of resistance training. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*. 2004;10(4):233-7.
105. Taboadela CH. Goniometría. Una herramienta para la evaluación de las incapacidades laborales Buenos Aires: Asociart ART. 2007.

## Capítulo II



---

# Capítulo III

## Material y Método

---

## Capítulo III

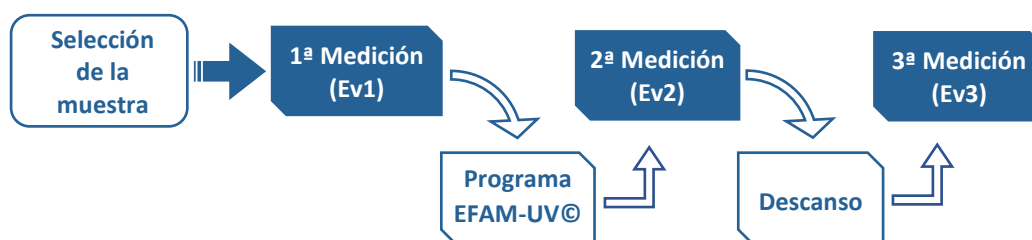
### 3.1. Procedimiento experimental y diseño del estudio

En este capítulo, se describe el procedimiento experimental que se ha seguido en este proyecto. Se tratan cuestiones referentes a la muestra sobre la que se realiza el estudio, se describen los criterios de selección y se especifican las características físicas básicas de los diferentes grupos de estudio. Después de comentar el cronograma de valoraciones, se relata todo el conjunto de medidas que se realizaron, refiriendo las características de los equipos y materiales que se emplearon, así como el procedimiento seguido.

La intervención que da lugar a esta tesis se presenta como un estudio experimental, de tipo cuantitativo y de corte longitudinal. Se trata de un diseño mixto en el que existen medidas repetidas en un sólo factor, el tratamiento o programa de entrenamiento, con la intención de evaluar el efecto del programa de entrenamiento funcional EFAM-UV © sobre un grupo de adultos mayores (1,2). Es importante explicar que la muestra integra AM de dos localidades: Valencia y Siete Aguas, usuarios del mismo programa. En el primer caso se trata de AM con más de un año como usuarios del programa, mientras que en los adultos de Siete Aguas se realiza la intervención por primera vez. Inicialmente se buscó una comparación inter-grupo entre los AM de Valencia, que pasaron a considerarse como Grupo de Expertos (GE) frente al Grupo de Iniciados de Siete Aguas (GI), pero en estas edades las ausencias son algo más altas que en los programas con gente más joven, y algunos de los sujetos que sí cumplían en asistencia, no tenían todos los test evaluados. Finalmente se decidió unificar ambos grupos dentro del mismo grupo experimental para mantener un tamaño muestral más amplio. El estudio se presenta sin grupo control puesto que los usuarios ya venían participando en el programa EFAM-UV © en años anteriores, y hubiera sido necesario haber arrancado el grupo control en el inicio de la intervención en la Universidad de Valencia (2).

Atendiendo a nuestro único factor intrasujeto (el propio programa EFAM-UV©), el grupo de AM, pasó por tres momentos de muestreo: al inicio de la intervención (Ev1), al finalizar la intervención (Ev2) y meses después de la misma (Ev3). (La Ev1 se realizó en

Noviembre de 2014, la Ev2 durante el mes de Junio de 2015 y por último la Ev3 a lo largo del mes de Septiembre de 2015). En la Figura 3.1 se muestra esquemáticamente estos tres momentos de muestreo con la finalidad de evaluar los posibles cambios tras la realización del programa de entrenamiento. El tercer muestreo se efectuó tres meses después de la intervención con la finalidad de observar posibles diferencias tras los meses de descanso.



**Figura 3.1. Procedimiento experimental de los métodos seguidos en la investigación. En las tres mediciones se realizaron medidas de ROM, Fuerza Muscular, Flexibilidad, Equilibrio y en la primera, adicionalmente se realizó el test 6MWT e IMC. Más información sobre las variables analizadas en el apartado 3.4.**

Tal y como se muestra en el Anexo I, el estudio realizado y todos los aspectos relacionados con sus procedimientos experimentales fueron aprobados por el Comité ético de la Universidad de Valencia, en cumplimiento de los requisitos que fueron establecidos en la Declaración de Helsinki de 1975 (revisados posteriormente en el año 2000), (Anexo I). Dado que el grupo de la Unidad de Investigación del Rendimiento Físico y Deportivo (UIRFIDE) mantiene abierta esta línea de investigación desde el año 2009, son varios los comités de ética presentados atendiendo a las direcciones que en cada caso toman sus estudios.

Previamente a la realización del estudio, los adultos mayores que aceptaron participar fueron informados del tipo de investigación que se iba a cumplir y firmaron un consentimiento informado, así como la cesión y los derechos de imagen (Anexo II y III).

### 3.2. Muestra, Procedimiento y Marco del estudio

En el marco del proyecto de investigación se establecieron unos criterios de participación en el estudio que se presentaron a los adultos mayores usuarios del programa EFAM-UV©, con edades superiores a 60 años, con el fin de seleccionar a aquellos que voluntariamente quisieran participar en el estudio.

Dado que el programa EFAM-UV© se encuentra implantado en diferentes localidades, se buscó contrastar dos grupos bien diferenciados, seleccionando las localidades de Valencia y Siete Aguas por las razones que ya se ha explicado. Es importante recalcar que el programa está registrado como propiedad intelectual con sus progresiones y ejercicios atendiendo a los objetivos, nivel y capacidades de los usuarios. A pesar de ser localidades diferentes, se siguieron unas directrices comunes muy claras. Los técnicos de UIRFIDE se reunieron con asiduidad y realizaron numerosas puestas en común, aunque uno de ellos era fijo en ambas localidades.

#### 3.2.1 Criterios de selección de la muestra. Criterios de inclusión y exclusión.

Para determinar la muestra de origen se tuvieron en cuenta una serie de criterios de inclusión y de exclusión que se detallan en la Tabla 3.1. Dada la distancia entre las dos localidades, un aspecto central de la investigación fue reproducir muy bien las condiciones de la evaluación para minimizar al máximo la posible influencia del entorno. Una vez se hubo organizado a los dos grupos de la muestra (GE e GI), se efectuaron las diversas mediciones en diferentes semanas atendiendo a las fechas de realización de los programas en cada localidad, pero con un orden exactamente igual entre ambos grupos. El equipo evaluador fue el mismo en ambas situaciones, y el responsable de evaluar cada test también, lo que aseguró que las instrucciones, mediciones, etc. fueran las mismas en todos los casos.

Los integrantes de la muestra fueron citados a lo largo de varios días. Las valoraciones se realizaron siempre por la mañana, a partir de las 10:00 horas y con anterioridad a que comenzasen sus clases del programa funcional. Con la muestra de

Valencia, las evaluaciones que requerían más intimidad y aislamiento se realizaron en una habitación conjunta a la Cancha Norte (Aula Norte) en la Facultad de Ciencias de la Actividad Física y Deporte (FCAFE), que se encuentra en el Aulario V. Con la muestra de Siete Aguas, el ayuntamiento cedió un espacio del centro sociocultural. En cuanto a la intervención propiamente, el Grupo GE siguió con sus entrenamientos en la Cancha Norte de la Facultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte de la Universidad de Valencia, donde llevaba siguiendo el programa durante varios años, mientras que el Grupo GI, realizó el plan de entrenamiento, y por primera vez, en el pabellón público del pueblo de Siete Aguas, al noroeste de la provincia de Valencia.

**Tabla 3.1. Criterios seguidos para la inclusión o exclusión de individuos dentro de la muestra.**

	Criterios de inclusión	Criterios de exclusión
<b>EDAD</b>	Adulto mayor de 60 años	Adulto menor de 60 años
<b>PARTICIPACIÓN EN EL PROGRAMA</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Participación de un mínimo del 70%</li> <li>Sin participación en otro programa de entrenamiento reglado</li> <li>Firma del consentimiento informado</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Asistencia &lt; 30%</li> <li>Participación en otros programas de investigación en el ámbito de la actividad física</li> </ul>
<b>PATOLOGÍAS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>No padecer patologías asociadas con el envejecimiento que sean invalidantes</li> <li>No sufrir patologías degenerativas musculoesqueléticas y neurológicas no invalidantes</li> <li>No dolor en la realización de los ejercicios</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Patologías asociadas con el envejecimiento que son invalidantes</li> <li>Patologías degenerativas musculoesqueléticas y neurológicas invalidantes</li> <li>Dolor en la realización de los ejercicios</li> </ul>

Las mediciones se realizaron a lo largo de un año (2014-2015). Cabe comentar que, durante el período de 12 meses en el que se realizaron las tres mediciones, se produjeron diversas bajas de participación. Las causas de las pérdidas han sido diversas, desde la falta de continuidad en el programa por problemas familiares, hasta la falta de

continuidad por problemas de salud u otras obligaciones. Finalmente, al inicio de la intervención se contó con una muestra total de AM, entre hombres y mujeres, de 36 usuarios.

La primera medición (Ev1), se efectuó durante la última semana de noviembre y la primera semana de diciembre del 2014. La muestra de origen estaba formada por un total de 36 AM, de los cuales 27 AM pertenecían al género femenino y 9 pertenecían al masculino. De los 36 AM, un total de 24 AM pertenecían al grupo GE y 12 AM al grupo de entrenamiento GI. El porcentaje de mujeres era del 83% en el grupo GE y del 58% en el GI, siendo mayoritario en ambos la presencia del género femenino

La Ev1 se realizó cuando el programa de entrenamiento hacía ocho semanas que había comenzado. Se eligió esta fecha para asegurar que los AM del grupo de iniciación efectivamente se integraban adecuadamente en el programa, y también para homogenizar algo más el punto de partida en la evaluación inicial, ante la diferencia en el conocimiento de los test y el desconocimiento del nivel de condición física de los nuevos AM a evaluar. El grupo GE, estaba incluido en el programa de entrenamiento desde el año 2011, mientras que el grupo GI comenzó por primera vez el plan de entrenamiento en octubre de 2014. Al evaluar una vez iniciado el programa funcional, permitió que el grupo más novel tuviera un nivel de condición física tolerable y los valores de las variables a estudiar no fueran tan dispares como bien nos indica Pereira en su estudio (3). La Ev2, se realizó en junio del 2015, coincidiendo con el final del curso escolar, y previo a la interrupción del programa de entrenamiento. El número total de la muestra se redujo a 28 adultos mayores. Finalmente, tras un periodo de descanso de tres meses, se realizó una última valoración de la muestra Ev3, con el objetivo de determinar las consecuencias tras un periodo sin realizar el programa. En esta última valoración, la muestra se vio reducida a 24 individuos. Los muestreos y el número de usuarios que participaron en el estudio se encuentran en la Figura 3.2.

Como se describe más adelante en el apartado de variables, en primer, lugar se convocó a los AM a lo largo de varias semanas para evaluar el Rango de Movimiento (ROM) y la fuerza muscular. Durante días consecutivos se pasó a medir la flexibilidad,

características antropométricas, equilibrio y marcha. (Todas las variables fueron registradas en diferentes plantillas, que se adjuntan en el Anexo IV).

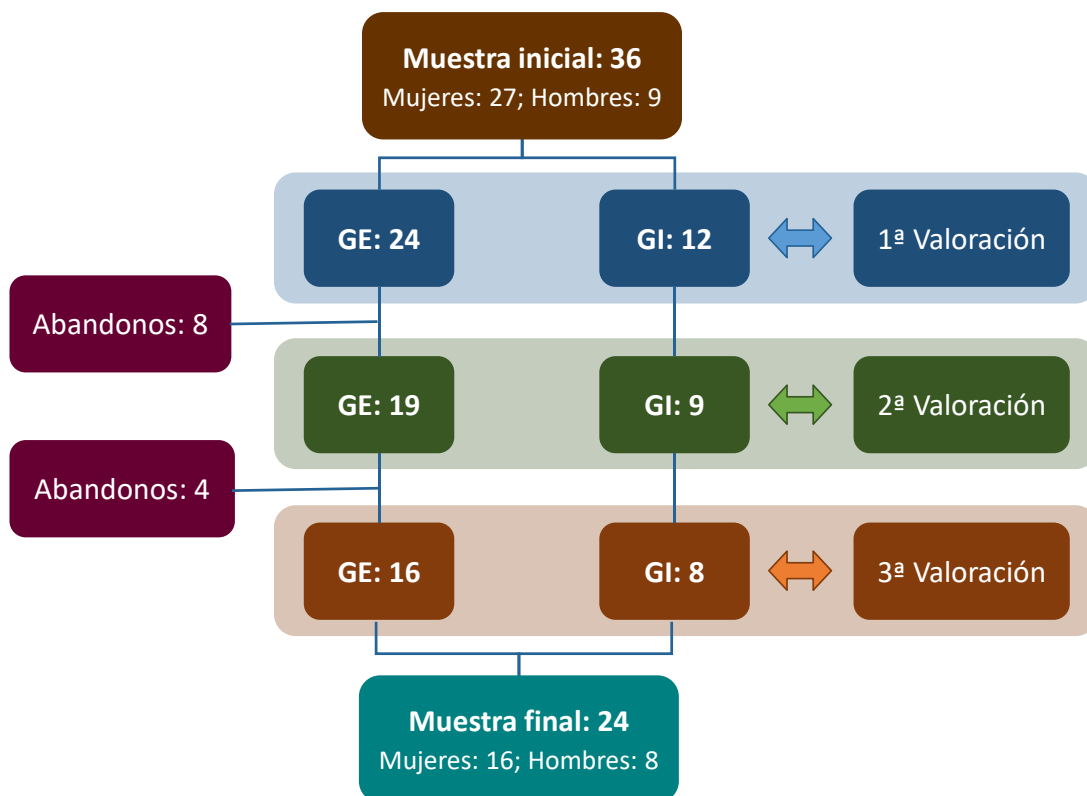


Figura 3.2. Composición por grupos y sexo de la muestra estudiada en las diferentes valoraciones realizadas.

### 3.2.2. Limitaciones relativas al tamaño muestral.

En todas las etapas la medición se hizo siempre sobre la muestra presente en ese momento, es decir, evaluando a todos los usuarios del programa. Sin embargo, como se ha comentado anteriormente, por diversas causas la muestra fue disminuyendo a lo largo de los dos años que ha durado el programa de entrenamiento, y finalmente se seleccionó para los análisis a aquellos usuarios de los que se tenía mediciones correctas en los tres momentos del muestreo. Como consecuencia de esta decisión se debe aceptar el número de pérdidas y trabajar con una muestra de menor tamaño.

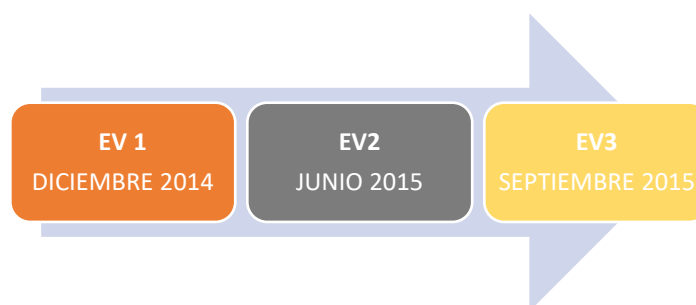


Como se ha explicado, se considera que los problemas que se podrían obtener debido a que son muestras de 2 localidades diferentes se han minimizado por la presencia de un técnico en común en ambos grupos, por las reuniones durante el programa y por lo exhaustivo de la homogeneización a la hora de realizar las diversas pruebas de evaluación y test correspondientes. Como hubo usuarios que no se encontraban el día determinado de la valoración, sus datos se desestimaron para el análisis de medidas repetidas.

Aunque suele recomendarse un seguimiento de al menos entre un 80-85% de las sesiones para garantizar que los resultados de un programa de ejercicio físico sean satisfactorios (4) dado que el nivel de adherencia en esta población suele ser especialmente bajo (5) , se optó por fijar un mínimo de asistencia del 70% para incluir a los participantes en el estudio de tal forma que según la revisión llevada a cabo por Farrance et al., la media de asistencia a los programas de actividad física se sitúa en torno al 70% (2).

### 3.2.3. Cronograma

Tal y como muestra la Figura 3.3, la muestra ha sido objeto de estudio durante 1 año. La Ev1, tuvo lugar entre el mes de noviembre y diciembre del 2014, un mes después del inicio del programa de entrenamiento, pasada la fase de familiarización y aprendizaje de las bases del programa en la localidad de Siete Aguas. La Ev2, se realizó en el mes de junio del 2015, al finalizar el curso escolar (fin de la intervención). Tres meses después, Ev3, cuando se iniciaba el curso siguiente, se volvió a evaluar a los usuarios que se mantenían activos, con el fin de comprobar el efecto del periodo de descanso (septiembre del 2015).



**Figura 3.3. Cronograma de las mediciones.**

### 3.3. La Intervención

Los grupos de adultos mayores siguieron el plan de entrenamiento del programa EFAM-UV ©, que consiste en un programa de entrenamiento funcional cognitivo neuromotor registrado como propiedad intelectual de la Universitat de València (6). Se trata de un programa de entrenamiento diseñado e impartido por licenciados de FCAF de esta misma Universidad pertenecientes al grupo de investigación UIRFIDE (GIUV2013-140). Dicho plan tiene una duración cada año de ocho meses de clase, desde octubre a mayo, más un mes de evaluación (15 días de septiembre y 15 días de junio, 9 meses en total).

Aunque inicialmente se respetan las vacaciones de Navidad, Fallas, Pascuas, así como puentes y festivos, durante las fechas de vacaciones escolares se mantiene un entrenamiento semanal. Al ser un grupo de investigación-acción no se debe dejar mucho tiempo sin clases. En el transcurso de la presente investigación se respetaron estas normas de funcionamiento tanto en la Universidad de Valencia como en el pabellón de Siete Aguas.

A lo largo de la intervención, la muestra acudió dos veces a la semana para efectuar los ejercicios pautados de actividad física dentro del programa de entrenamiento. Concretamente, los AM de la Universidad de Valencia, acudieron los martes y jueves, en dos grupos diferentes. Un grupo comenzaba a las 10:30 horas de la mañana y el otro grupo a las 11:30 horas. En cambio, los AM de la población de Siete Aguas, iban los lunes y miércoles de 9:00 a 10:00 horas un primer grupo, y de 10:00 a 11:00 horas el segundo.

Para finalizar, es importante señalar que este programa de entrenamiento se ha llevado a cabo en diferentes pueblos de la Comunidad Valenciana, a través de la Asociación "Entrenamiento con Mayores", beneficiándose del mismo alrededor de 300 AM. En la Figura 3.4, se muestran esquemáticamente sus bases. Los dos grandes objetivos del programa EFAM-UV© (1) son mejorar el control postural y el patrón de la marcha, ya que son dos condicionantes que pueden limitar la autonomía de los AM. Se

les considera los dominios básicos sobre los que se construye el resto de dominios neuromotores. Para ello, transita entre tres ámbitos: el neuromuscular, el bioenergético y el cognitivo.

NIVEL 1: COORDINACIÓN PRIMARIA → 4 Dominios básicos			
Control postural	Educación del Paso	Habilidades manipulativas	Habilidades mentales
NIVEL 2: COORDINACIÓN PRECISA CON DISPOSICIÓN VARIADA → 2 Dominios complejos:			
Ritmo		Destreza Motriz	
ORIENTACIONES DEL PROCESO DE ENTRENAMIENTO-APRENDIZAJE			
NEUROMUSCULAR	BIOENERGÉTICA	COGNITIVA	

**Figura 3.4. Dominios y orientaciones según las taxonomías del programa EFAM-UV©. Con permiso de Blasco-Lafarga et al. (2016) (6)**

Se considera que es un plan de entrenamiento porque el objetivo es mejorar, no mantenerse. El término neuromotor nos indica la importancia del trabajo de coordinación, agilidad, propiocepción y en general mejora del control motor y la función ejecutiva de forma concurrente, según explican sus autores (1). La necesidad del trabajo cognitivo en los AM se hace patente a través de propuestas en entornos enriquecidos ya que casi siempre se utiliza el paradigma de la doble tarea, donde se ejecuta una tarea presuntamente automatizada junto con una tarea mental, es decir, ser capaces de andar mientras realizan un “sigue la serie desde el número 2, y de 2 en 2”. El término multicomponente, también es inherente al programa ya que en cada sesión se trata de mejorar varios objetivos de forma conjunta, es decir, concurren en la misma sesión trabajo neuromuscular, aeróbico, tareas de equilibrio, etc. Algunas de las directrices de este programa pueden encontrarse en investigaciones previas del grupo (2, 7) . Como se puede leer en estos trabajos, el entrenamiento de la amplitud articular no se ejecuta bajo las directrices clásicas de estiramientos mantenidos si no que se trabajan movimientos que recorren la amplitud articular óptima de forma activa, favoreciendo así el aumento del gasto metabólico durante su trabajo. Todo esto se trabaja desde una perspectiva funcional donde los ejercicios están muy relacionados con aspectos de la vida diaria, ya que el principal objetivo es que sean capaces de desenvolverse con

autonomía. Cabe destacar que el ámbito afectivo no se descuida por su importancia en estas poblaciones.

Finalmente, el programa se adapta y planifica en función del tiempo de trabajo disponible, pero respetando siempre la realización de dos sesiones semanales de una hora de duración. En este caso el programa se estructuró a lo largo de 9 meses, respetando las fases de introducción, desarrollo y estabilización en cada ámbito.

### 3.4. Variables del estudio

En primer lugar, se presentan las principales variables del estudio identificando si se trata de variables independientes o dependientes. Dentro de estas últimas y se ha diferenciado también entre dos tipos de variables: las primarias y las secundarias. Las primarias se seleccionaron para evaluar el estado físico del AM y las secundarias para la caracterización de la muestra.

#### a) Variables independientes

Se consideró como factor independiente o tratamiento el propio programa de entrenamiento neuromotor EFAM-UV© (con medidas intrasujeto y tres momentos de muestreo: Ev1, Ev2, Ev3).

#### b) Variables dependientes

##### Variables primarias

Se evaluaron las siguientes variables en el AM (104):

- ROM en las EESS: Movimientos articulares del hombro y codo.
- ROM en las EEII: Movimientos articulares de cadera, rodilla y tobillo.
- Fuerza muscular en la EESS: Fuerza de prensión manual o Hand Grip (*del inglés*)
- Fuerza muscular en EEII: Musculatura extensora de las piernas.

- Fuerza muscular en espalda: Musculatura extensora de la espalda.
- Flexibilidad de la cadena posterior de las EEII: Sit and reach.
- Flexibilidad de la cadena posterior de las EESS: Back scratch.
- Equilibrio dinámico: Escala de equilibrio avanzado de Fullerton.

Variables secundarias

- La edad.
- La composición corporal:
  - Peso, altura, IMC, porcentaje de masa muscular y porcentaje de masa grasa.
- Aptitud cardio-respiratoria o nivel de fitness:
  - Test de los 6 minutos marcha (6 MWT).

Minimización de la influencia de variables extrañas

Con la finalidad de que no apareciesen elementos que perjudicaran el estudio, se analizaron y tuvieron en cuenta las siguientes consideraciones:

- Antes de cada medición se explicó a cada AM en la medición de las variables y en la ejecución del movimiento que debían realizar.
- Todas las valoraciones se efectuaron en espacios con las mismas condiciones, donde se encontraba el AM a valorar y el evaluador.
- Las medidas se hicieron por la mañana, con los AM desayunados y sin haber realizado actividad física. El horario se fijó así porque era el más adecuado a las conveniencias de los usuarios por diferentes motivos y/o ocupaciones, pero también porque los AM se encuentran más frescos y están más habituados a moverse en la franja horaria de la mañana.

## Capítulo III

- Todos los sujetos fueron evaluados de las diferentes variables con un intervalo mínimo de 7 días y considerando que los horarios siempre fueran lo más parecidos entre los diferentes individuos.

- Los usuarios acudían con ropa cómoda que permitiera la posterior evaluación de las variables.

### 3.5. Instrumentos de medida

A continuación, se describen las principales medidas y protocolos de evaluación, así como los instrumentos utilizados en este estudio. La Tabla 3.2 recoge el listado que relaciona estas variables con sus instrumentos de medida y los test empleados.

A continuación, se describen brevemente las características de cada dispositivo y las mediciones que se realizaron con cada caso. Como ya se ha señalado, instrumentos y protocolos de medida fueron seleccionados según describe la bibliografía propia del área (8, 9).

**Tabla 3.2. Capacidades evaluadas e instrumentos o test de medida. Elaboración propia (8-23).**

	VARIABLE	INSTRUMENTO / TEST DE EVALUACIÓN
Capacidad funcional	ROM EESS	Goniómetro Jamar
	ROM EEII	Goniómetro Jamar
	Fuerza tren superior	Dinamómetro hidráulico Jamar
	Fuerza tren inferior	Dinamómetro digital TK 5402
	Fuerza Espalda	Dinamómetro digital TK 5402
	Equilibrio dinámico	Test de Fullerton
	Flexibilidad EESS	Back scratch
	Flexibilidad EEII	Sit and reach
Aptitud cardiorrespiratoria	Metros recorridos en 6'	6 MWT
Composición Corporal	IMC	Bioimpedancia (Tanita)
	% masa muscular	Bioimpedancia (Tanita)
	% masa grasa	Bioimpedancia (Tanita)

### 3.5.1. Goniómetro.

La amplitud articular fue valorada con el uso de un goniómetro metálico Jamar, constituido por un cuerpo y dos brazos, uno de ellos móvil y el otro fijo (9). El material utilizado se observa en la Figura 3.5.



Figura 3.5. Goniómetro metálico Jamar

### 3.5.2. Dinamómetro hidráulico Jamar.

La fuerza muscular de la EESS fue medida mediante la prueba de Hand-grip (Fuerza de prensión manual), se consideró por ser una herramienta básica no invasiva en la valoración de la fuerza y función muscular en la condición física en las AM. Se empleó un dinamómetro hidráulico Jamar debido a que suele ser el más utilizado en las investigaciones (ver Figura 3.6) (17-20).



Figura.3.6. Dinamómetro hidráulico Jamar.



### 3.5.3. Dinamómetro digital TTK 5402.

La fuerza muscular a nivel de la musculatura extensora de la EEII y de la espalda fundamental para el mantenimiento funcional del AM, fue medida por medio del dinamómetro digital TTK 5402 (18, 21, 22). En la Figura 3.7, se muestra una fotografía del modelo empleado (TKK 5402) (22).



Figura 3.7. Dinamómetro digital TTK 5402.

### 3.5.4. Regla métrica.

La flexibilidad de la EESS y de la EEII se midieron con una regla métrica mediante la prueba del Back Scratch y del Chair Sit and Reach del SFT. Los resultados obtenidos fueron en centímetros positivos o bien negativos (23)

### 3.5.5. Test Fullerton.

El equilibrio dinámico fue valorado mediante el Test de Fullerton, pensado para aquellos usuarios que poseen una independencia funcional. Este test posee una alta fiabilidad y una gran capacidad de predicción de sufrir alguna caída (2).

### 3.5.6. Tanita BC-545. Tallímetro.

Las características antropométricas fueron evaluadas por medio de la Tanita BC 545. Mediante un sistema tetrapolar de apoyos de tarso-metatarso y carpo-metacarpo, se consiguió conocer el porcentaje en la composición corporal de la masa grasa y de la masa muscular, así como el peso total. Este modelo utiliza una corriente de medición de 50 kHz y 100  $\mu$ A, ver Figura 3.8.

## Capítulo III

La altura del individuo se midió por medio de un tallímetro, siendo expresada la medición en centímetros (2, 7, 23).



**Figura 3.8. Tanita BC 545**

### **3.5.7. Cronómetro.**

Otra de las herramientas que se necesitó fue el uso de un cronómetro para la contabilización del 6WMT del SFT (2), empleado como el anterior instrumento, para caracterizar la muestra y ofrecer información acerca de la aptitud aeróbica o capacidad cardiorrespiratoria que presentaban al inicio del muestreo los usuarios (8, 23).

## **3.6. Protocolos de medición**

### **3.6.1. Variable de ROM**

La amplitud de movimiento se valoró midiendo los ángulos que se producían en los distintos movimientos, porque en rehabilitación forma parte de la evaluación de la progresión de un tratamiento o programa. Dicha medición se realizó con el uso del goniómetro metálico Jamar. Se efectuaron dos mediciones del ROM tanto a nivel de EESS como de EEII (10-12), seleccionando el valor medio.

Como accesorios para la medición se necesitó una camilla plegable para que la muestra pudiera estar en la posición de decúbito supino y prono en las diversas mediciones. Otros elementos que se utilizaron fue una manta para cubrir a la muestra, una sábana que se colocó sobre la camilla y un cojín para la cabeza con el que se evitó la hiperlordosis cervical y/o molestias en el cuello (9).

El protocolo seguido para la medición goniométrica en las diferentes articulaciones fue el siguiente:

- 1) Se explicó el movimiento a realizar.
- 2) Se colocó adecuadamente al paciente en la posición para la evaluación.
- 3) Se palpó y localizó las referencias óseas para la colocación del goniómetro.
- 4) Se alineó el goniómetro correctamente en función la articulación a medir.
- 5) Se pidió al sujeto que realizase el movimiento activo.
- 6) Se apuntó la medida obtenida en las hojas de registro.

Una vez se tuvo el material preparado, antes de cada medición, se enseñó al paciente tumbado en la camilla, el movimiento que debía realizar de forma activa, para que lo hiciera correctamente y sin compensaciones en el momento de las mediciones. La posición de partida era aquella donde se garantizase el mayor rango de movimiento. El AM se encuentra en ropa interior o en su caso con una camiseta de tirantes y/o malla corta. La posición de partida era aquella cuya valoración era de 0°, posición neutra. Se decidió valorar el movimiento activo, evitándose compensaciones durante el mismo mediante la postura correcta y por medio de fijaciones si fueran necesarias. La decisión de evaluar el movimiento activo se tomó debido a que este pone en evidencia la contracción muscular de forma voluntaria y así se pudo facilitar información referente a su fuerza muscular, que iba a ser trabajada en el programa EFAM-UV© (1).

Se colocó el goniómetro en las diferentes referencias óseas y se alineó al inicio del movimiento con la articulación a 0°. El brazo fijo se colocó siguiendo la línea media del segmento de la extremidad que no se mueve y el brazo móvil paralelo al segmento que realiza el movimiento y lo acompaña durante la ejecución del mismo. Después se realizó la lectura y se anotó en las hojas de registro correspondiente.

En todas las evaluaciones siempre se repiten los parámetros siguientes:

**Protocolo:** Primero se evaluó el lado derecho y a continuación el izquierdo. Se registraron dos mediciones para posteriormente realizar la media.

**Fisioterapeuta:** El fisioterapeuta se colocó en el mismo lado de la extremidad a valorar.

Los diferentes movimientos estudiados en cada articulación fueron las siguientes:

**EESS**

**a) Hombro**

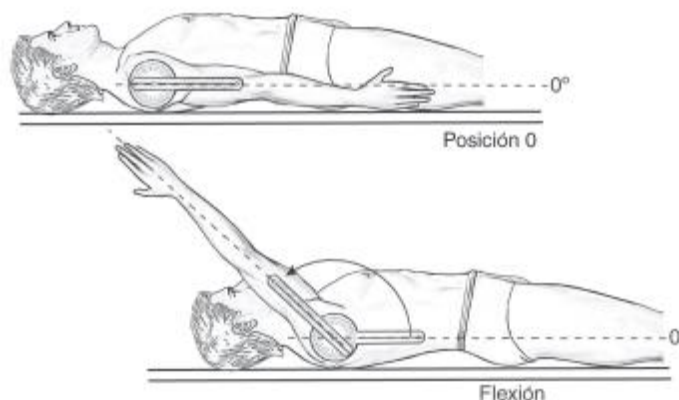
Los movimientos estudiados de esta articulación fueron: la antepulsión/flexión, la retropulsión/extensión, la abducción, la rotación externa y la rotación interna. Se eligió esta articulación porque es una de las más usadas en las AVD (13). A continuación, se detallan las condiciones en las que se realizaron las medidas de cada uno de los movimientos analizados (posición del AM y la disposición del goniómetro sobre el individuo), así como los valores que se consideran normales en cada caso.

**a.1) Flexión (Figura 3.9)**

**Posición:** El AM se coloca en decúbito supino en la camilla con el miembro a valorar desnudo y el brazo en extensión a lo largo del cuerpo con pronosupinación neutra.

**Goniómetro:** El eje del goniómetro se sitúa sobre el acromion. El brazo fijo a lo largo de la línea medio axilar y el brazo móvil con la línea media longitudinal del húmero.

**Valores normales:** El valor normal de la flexión es de 180°.



**Figura 3.9. Medición goniométrica de la flexión del hombro.**

### a.2) Extensión

**Posición:** El AM se coloca en decúbito prono en la camilla con el miembro a valorar desnudo y el brazo en extensión a lo largo del cuerpo con pronosupinación neutra.

**Goniómetro:** El eje del goniómetro se situó sobre el acromion. El brazo fijo a lo largo de la línea medio axilar y el brazo móvil con la línea media longitudinal del húmero con referencia del epicóndilo.

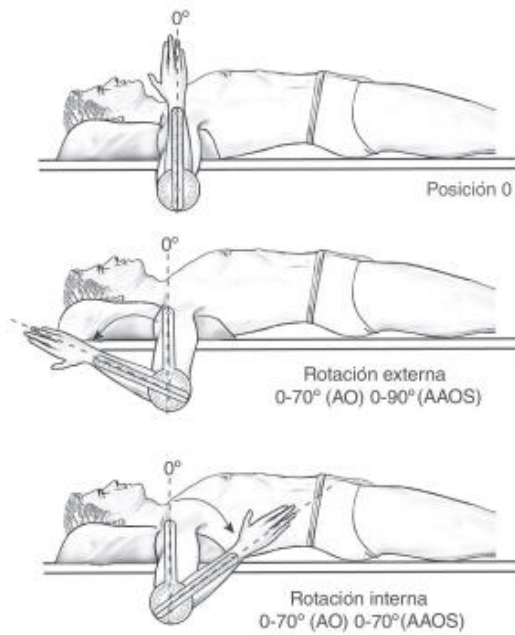
**Valores normales:** El valor normal de la extensión es de 60°.

### a.3) Rotación externa e interna (Figura 3.10)

**Posición:** El AM se coloca en decúbito prono en la camilla con el miembro a valorar desnudo y el hombro a 90° de abducción, codo por fuera de la camilla a 90° y antebrazo con pronosupinación neutra.

**Goniómetro:** El eje del goniómetro se situó sobre la proyección del punto central de la cabeza humeral. El brazo fijo perpendicular al suelo y el brazo móvil alineado con el cúbito y superpuesto al brazo fijo.

**Valores normales:** El valor normal de la rotación externa es de 90° y para la rotación interna de 70°.



**Figura 3.10. Medición goniométrica de la rotación externa e interna del hombro. AA: Asociación para estudio de la Osteosíntesis.; AAOS: Asociación Americana de Cirujanos Ortópicos.**

#### a.4) Abducción

**Posición:** El AM se coloca en decúbito supino en la camilla con el miembro a valorar desnudo y el brazo en extensión a lo largo del cuerpo con pronosupinación neutra.

**Goniómetro:** El eje del goniómetro se situó sobre el acromion que corresponde a la proyección del punto central de la cara anterior de la cabeza humeral. El brazo fijo a lo largo de la línea medio axilar paralelo al esternón y el brazo móvil con la línea media longitudinal del húmero y superpuesto al brazo fijo.

**Valores normales:** El valor normal de la abducción es de 180 °.

**b) Codo**

El movimiento del codo es una flexo-extensión. En el caso de esta articulación estudiamos la flexión. El valor normal de la extensión es 0°.

**b.1) Flexión (Figura 3.11)**

**Posición:** El AM se coloca en decúbito supino en la camilla con el miembro a valorar desnudo y el brazo en extensión a lo largo del cuerpo con pronosupinación neutra.

**Goniómetro:** El eje del goniómetro se situó sobre la parte externa del codo, a nivel del epicóndilo. El brazo fijo a lo largo de la línea media del húmero y el brazo móvil con la línea media longitudinal del quinto metacarpiano.

**Valores normales:** El valor normal de la flexión es de 150°, dependiendo de la masa muscular del bíceps.



**Figura 3.11. Medición de la flexión de codo.**

**EEII**

**a) Cadera**

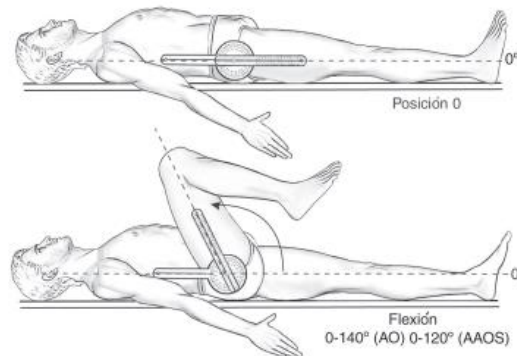
La articulación de la cadera es una enartrosis. En este caso, se procedió a medir la flexión y la extensión, por ser movimientos característicos en la marcha, que en el adulto mayor se ven disminuidos (14-16, 25, 26).

**a.1) Flexión (Figura 3.12)**

**Posición:** El AM se coloca en decúbito supino en la camilla con el miembro a valorar desnudo y con la pelvis estabilizada. La rodilla se coloca en máxima flexión para relajar la tensión de la musculatura isquiotibial.

**Goniómetro:** El eje del goniómetro se situó sobre el trocánter mayor. El brazo fijo alineado con la con la línea media de la pelvis y el brazo móvil con la línea media longitudinal del fémur.

**Valores normales:** El valor normal de la flexión es de 120°.



**Figura 3.12. Medición goniométrica de la flexión de cadera.**  
**AA: Asociación para estudio de la Osteosíntesis.; AAOS: Asociación Americana de Cirujanos Ortopédicos.**



## a.2) Extensión

**Posición:** El AM se coloca en decúbito prono en la camilla con el miembro a valorar desnudo y con la pelvis estabilizada.

**Goniómetro:** El eje del goniómetro se situó sobre el trocánter mayor. El brazo fijo alineado con la línea media de la pelvis y el brazo móvil con la línea media longitudinal del fémur.

**Valores normales:** El valor normal de la extensión es de 30°.

## b) Rodilla

La rodilla posee un movimiento de flexo-extensión. Como ocurre en la cadera, se procedió a evaluarla debido a su participación en la deambulación y su pérdida de amplitud articular durante la ancianidad (14-16, 25, 26).

### b.1) Flexión

**Posición:** El AM se coloca en decúbito supino en la camilla con el miembro a valorar desnudo y con la pelvis estabilizada. La pierna está con flexión de cadera. El movimiento se realiza a favor de la gravedad.

**Goniómetro:** El eje del goniómetro se sitúa sobre el cóndilo femoral externo. El brazo fijo alineado con la línea media del fémur y el brazo móvil con la línea media longitudinal de la pierna.

**Valores normales:** El valor normal de la flexión de rodilla es de 135°.

### c) Tobillo

Se valoró a la articulación del tobillo debido a su participación durante la marcha y a la disminución de la amplitud articular como consecuencia del envejecimiento (14-16, 25, 26).

78

Aunque el tobillo realiza varios movimientos, en este caso se valoró exclusivamente la flexión plantar y la flexión dorsal., ya que son los movimientos que más se ven deteriorados.

#### c.1) Flexión plantar y flexión dorsal

**Posición:** El AM se coloca en decúbito supino en la camilla con el miembro a valorar desnudo, la pierna estirada y el tobillo a 90°.

**Goniómetro:** El eje del goniómetro se situó sobre el maléolo externo. El brazo fijo alineado con la línea media de la pierna y el brazo móvil con la línea media longitudinal del 5º metatarsiano.

**Valores normales:** El valor normal de la flexión plantar es de 50º y de la flexión dorsal de 20º.

### 3.6.2.- Variable de fuerza

Se ha utilizado el Senior Fitness Test para evaluar los efectos de la actividad física así como la condición física, ya que abarca diferentes rangos del estado físico del individuo (8,24). Concretamente, se valoró la variable de fuerza de la extremidad superior (Hand-grip) y la fuerza extensora de piernas y espalda. El material empleado para la valoración de las 3 variables consistió en el dinamómetro digital TKK 5402, el dinamómetro hidráulico Jamar, una silla y el goniómetro metálico Jamar (21, 22). El protocolo seguido para la medición de la fuerza ha sido el siguiente:

#### a) Fuerza de presión manual. Hand Grip.

La medición de la presión manual se utiliza desde el siglo XIX para valorar la función muscular (17). Para la evaluación de la misma existen diferentes protocolos de actuación (19). En este estudio, la muestra de AM se apoyó sobre la pared para evitar compensaciones (Figura 3.13). Se colocó la EESS a 90° de flexión de codo con pronosupinación neutra. El AM cogió el handgrip con la mano dominante. Éste, previamente, se había colocado en la posición número 2. En un solo intento el AM apretó lo más fuerte posible. El valor de la fuerza de presión quedaba registrado en el dinamómetro. Posteriormente, se evaluó con la mano de la otra EESS. En total se realizaron 3 medidas con ambas manos, existiendo un descanso de 1' entre las mediciones. Con las 3 medidas se obtuvo el valor medio.



Figura 3.13. Medición del Handgrip.

### b) Fuerza en espalda

Se procedió a determinar la fuerza de tracción mediante un dinamómetro digital TK-5402, que evalúa la musculatura extensora de la columna vertebral al realizar un gesto de extensión del tronco traccionando sobre una cadena que anteriormente el AM coge entre sus manos. La postura de inicio partía de una flexión de tronco de 30°, medida por medio de un goniómetro metálico Jamar. El AM se situaba sobre la plataforma del dinamómetro y agarraba una cadena que iba unida al indicador de la fuerza realizada con los codos en extensión. Se colocó el indicador a cero y tras la orden que se le daba al AM, éste se enderezaba, tirando con la mayor fuerza posible para poder ponerse en la posición erguida. La Figura 3.14 muestra una fotografía con un AM realizando el ejercicio. Se hicieron un total de dos mediciones, dejando un minuto de descanso entre ambas. Posteriormente, se obtuvo la muestra de las 2 medidas.



**Figura 3.14. Valoración fuerza muscular espalda.**

### d) Fuerza en las EEII

Mediante un dinamómetro digital TK 5402, se midió la fuerza de la musculatura extensora de las EEII. Para ello, la AM se colocó sobre la plataforma del dinamómetro. Se partía de una flexión de rodilla entre 130-140° medida con un goniómetro metálico Jamar. Los brazos del AM estaban estirados y agarraban una cadena que estaba unida al indicador digital del dinamómetro indicando la valoración de la fuerza realizada (Figura 3.15). Tras la orden dada por el evaluador, el AM procedía a llevar sus rodillas

hacia la extensión, llevándose la cadena consigo. Realizó dos intentos con un minuto de pausa entre ambos, sacándose el valor medio de las mediciones.



Figura 3.15. Valoración fuerza muscular de las EEI.

### 3.6.3.- Variable de Flexibilidad

#### a) Back scratch

La posición del ejecutante era de pie. Se evaluaron ambos brazos. Se valoró el brazo derecho cuando éste pasaba por encima del hombro con respecto a la mano izquierda como muestra la Figura 3.16. El objetivo consistía en que las dos manos se intentasen tocar. El investigador midió la separación (signo negativo) o la superposición (positivo) entre los dedos medios de ambas manos. Se realizaron dos pruebas en cada brazo, y cuando el investigador estaba seguro de que el ejecutante conocía lo que debía hacer, se procedía a realizar el test. El test se efectuó dos veces: derecha\_1, izquierda\_1, derecha\_2, izquierda\_2.



Figura 3.16. SFT. Back Scratch

**b) Chair sit and reach**

El protocolo de actuación para la siguiente medición fue el siguiente. El ejecutante permanecía sentado en el borde de una silla, y la misma estaba con el respaldo pegado a la pared (Figura 3.17). La pierna que no era evaluada debía estar flexionada a 90° con el pie completamente en contacto en el suelo. En cambio, la pierna que era evaluada, estaba completamente estirada, apoyando solo el talón y con los dedos del pie apuntando al cielo. Desde esa posición, se realizaba una flexión de la cadera, manteniendo la espalda recta y con una mano encima de la otra coincidiendo los dos dedos medios, y deslizándolas hasta llegar lo más lejos. El movimiento era acompañado de la respiración para que fuera un gesto lento. Cuando se llegaba a la posición de máximo estiramiento se debía mantener durante 2 segundos. Si el ejecutante no consiguió llegar a la punta del pie, se pusieron los cm que faltaban en negativo. En cambio, si conseguía que sobrepasar la punta del pie, los cm eran positivos. Se tomó como referencia la punta de la zapatilla como punto cero y se midió la distancia desde el dedo medio. El test fue ejecutado dos veces: derecha\_1, izquierda\_1, derecha\_2, izquierda\_2.



**Figura 3.17. SFT. Chair sit and reach**

**3.6.4. Equilibrio dinámico**

Para evaluar el equilibrio de forma funcional se utilizó la versión reducida de la Escala de Equilibrio Avanzado de Fullerton ( Figura 3.18) (27). Consta de la realización de 4 ejercicios que se detallan a continuación:

- 1) En primer lugar el AM subía por encima de un escalón de 15 cm de altura, tanto con el pie derecho como el izquierdo.

2) Posteriormente andaba durante 10 pasos en tándem por encima de una línea recta.

3) A continuación debía mantener un apoyo monopodal.

4) Finalmente tenía que mantener un apoyo bipodal sobre dos foam con los ojos cerrados y los brazos cruzados con las manos en los hombros.

Cada ejercicio se evaluaba de 0 a 4 en función de la ejecución. La puntuación total se obtuvo de la suma de los 4 ejercicios, siendo 16 la máxima puntuación.



**Figura 3.18. Test de Fullerton**

### **3.6.5. Test 6 minutos (6 MWT)**

El test de los 6 minutos consiste en un Test donde al AM se le valoraba su resistencia cardiovascular. La prueba consistía en que el AM debía recorrer la mayor distancia posible andando lo más rápido posible, pero sin llegar a correr durante 6 minutos. La superficie por donde realizan el recorrido es un cuadrado de 20 metros de largo x 5 metros de ancho, al que se le da vueltas. Dicho recorrido estaba limitado por conos de diferentes colores (naranjas, azules y verdes) que marcaban las esquinas del cuadrado y las distancias cada 2,5 metros y 5 metros. Se hicieron grupos de AM y a la señal del técnico evaluador salían andando por el recorrido por parejas. Los AM eran avisados continuamente del tiempo que les quedaba para la ejecución de la prueba y se les animaba a esforzarse (Figura 3.19). Cuando ésta finalizaba se sumaba las vueltas realizadas y se tomaba como referencia la marca o cono más cercano donde se había detenido el AM (2,7,28).



**Figura 3.19. Realización del 6MWT en la cancha norte de la U.V.**

### **3.6.6. Peso, altura, IMC, porcentaje de la masa grasa y muscular**

Las siguientes variables fueron tomadas para caracterizar a la muestra. El registro de la variable fue valorado mediante la bioimpedancia por medio de una Tanita BC-545. Por otro lado, la altura fue calculada con un tallímetro donde se colocaba el AM descalzo, con las rodillas estiradas y la espalda apoyada en la pared. La variable del IMC se calculó a partir del peso y la altura.



### 3.7. Tratamiento estadístico

Inicialmente los datos fueron recogidos en diferentes planillas y volcados en una tabla de Excel. Posteriormente se exportaron al programa IBM SPSS Statistics, versión 23.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA), bajo licencia de la Universitat de València, según se resume en la Tabla 3.3.

Antes de que se realizase el estudio estadístico correspondiente se analizaron todas las variables obtenidas para ver si cumplían el supuesto de normalidad de Shapiro-Wilk (Anexo V). Una vez comprobada la distribución se procedió a realizar una comparación de medias para muestras relacionadas. En la Tabla 3.4. se detallan las pruebas paramétricas y no paramétricas realizadas atendiendo a los momentos de muestreo comparados (Ev1, Ev2, Ev3).

Aquellas variables de distribución normal (paramétricas) se analizaron mediante el análisis de varianza de medidas repetidas ANOVA (MLG), seguidos del ajuste de Bonferroni para las comparaciones por pares, o mediante una prueba T-Student para muestras relacionadas cuando sólo de disponía de dos momentos de medición. En el primer caso, cuando se observaba el incumplimiento del supuesto de esfericidad (Prueba de Mauchly  $> 0,05$ ), se empleaban las correcciones de Greenhouse- Geisser (más conservador) o Huynh-Feldt (en casos de alejarse mucho de ese valor) (30). Este mismo procedimiento se desarrolló para las variables no paramétricas, comenzando por un análisis del efecto del programa sobre la variable en general (Friedman para K muestras relacionadas), seguido de la prueba de Wilcoxon para la comparación dos a dos de estas mismas muestras relacionadas.

Tabla 3.3. Variables analizadas mediante el programa estadístico Spss

Independientes	Programa EFAM-UV©: Efectos en 3 momentos de muestreo	Ev1 vs Ev2 – <i>Efecto del entrenamiento</i> Ev2 vs Ev3 – <i>Efecto del descanso o cese del programa</i> Ev1 vs Ev3 – <i>Memoria de los cambios respecto a la situación basal</i>
	Amplitud articular EESS	Cintura escapular <i>Abducción – Aducción</i> <i>Flexión – Extensión</i> <i>Rotación externa-Interna</i> Codo <i>Flexión – Extensión</i>
Dependientes	Amplitud articular EEII	Cintura pélvica <i>Abducción – Aducción</i> <i>Flexión – Extensión</i> <i>Rodilla</i> <i>Flexión</i> <i>Tobillo</i> <i>Flexión plantar-dorsal</i> EEII Musculatura extensora
	Fuerza muscular	EESS Musculatura prensión manual Tronco Musculatura extensora
	Flexibilidad muscular	Test Sit and Reach Test Back and scratch
	Equilibrio	Test Fullerton
	Composición corporal	Peso Altura IMC % Masa muscular % Masa grasa
	Aptitud cardiorrespiratoria	6 MWT

En todas las variables que permitían un ANOVA de medidas repetidas se analizó la influencia de la Edad y el Género para considerar la posibilidad de incluirlos como covariables y realizar ANCOVAS, pero se observó que no existían correlaciones. Aun así, se realizaron algunas pruebas, pero como no modificaban el resultado del ANOVA, no se han incluido.

**Tabla 3.4. Resumen de los estadísticos de comparación de medias para muestras relacionadas en función de la normalidad.**

Tipo de prueba	Momentos de muestreo	Tipo de análisis
Paramétricas	3	ANOVA de medidas repetidas Comparaciones post hoc con Bonferroni
	2	<i>T-student</i> para comparación por pares.
No paramétricas	3	Friedman para analizar el efecto global
	2	Wilcoxon para determinar diferencias por pares.

Finalmente, el alfa ( $\alpha$ ) fue considerado como  $p < 0,05$  en todos los casos, aunque también se han considerado las tendencias a la significación cuando  $p < 0,1$  (30). En el Anexo VI se muestran las pruebas estadísticas realizadas en cada una de las variables, en función de que fueran variables paramétricas o no paramétricas. Igualmente se puede ver la tabla con los estadísticos Eta parcial ( $\eta^2$ ) para el tamaño del efecto) y  $1-\beta$  para el análisis de la potencia de las observaciones.

Así pues, el apartado de resultados y discusión comenzará analizando los descriptivos media y desviación, seguido de la comparación para medias relacionadas en cada variable.

### 3.8 Tratamiento de la bibliografía

Los datos de la bibliografía fueron tratados en función la normativa Vancouver.

### Bibliografía

1. Blasco-Lafarga C, Martínez-Navarro I, Cordellat A, Roldán A, Monteagudo P, Sanchis-Soler G, et al. Método de Entrenamiento Funcional Cognitivo Neuromotor. Propiedad intelectual nº156069. 2016;España (2016).
2. Navarro IM. Efectos de un programa de entrenamiento funcional sobre la variabilidad de la frecuencia cardíaca, la función ejecutiva y la capacidad condicional en adultos mayores: Universitat de València, Facultat de Ciències de l'Activitat Física i de l'Esport; 2014.
3. Pereira FF, Monteiro N, de Souza Vale RG, Gomes ALM, da Silva Novaes J, de Faria Júnior AG, et al. Efecto del entrenamiento de fuerza sobre la autonomía funcional en mujeres mayores sanas. *Revista española de geriatría y gerontología*. 2007;42(6):342-7.
4. Pisters MF, Veenhof C, Schellevis FG, Twisk JW, Dekker J, De Bakker DH. Exercise adherence improving long-term patient outcome in patients with osteoarthritis of the hip and/or knee. *Arthritis Care & Research*. 2010;62(8):1087-94.
5. Garmendia ML, Dangour A, Albala C, Eguiguren P, Allen E, Uauy R. Adherence to a physical activity intervention among older adults in a post-transitional middle income country: a quantitative and qualitative analysis. *The journal of nutrition, health & aging*. 2013;17(5):466
6. Blasco-Lafarga, C., Cordellat, A., Roldán, A., & Monteagudo, P. (2016). *International Congress On Successful Aging & Exercise Training. Book of abstracts.*: UIRFIDE - Universitat de València.
7. Blasco-Lafarga C, Monteagudo P, Blasco-Lafarga N, Cordellat A, Roldán A. Función ejecutiva, capacidad cardiovascular y calidad de vida en mayores del entorno rural: impacto de un programa multidisciplinar. *Comunidad*. 2016;18(2):1-6.
8. Vallejo NG, Ferrer RV, Jimena IC, Fernández JADP. Valoración de la condición física funcional, mediante el Senior Fitness Test, de un grupo de personas mayores que realizan un programa de actividad física. *Apuntes Educación física y deportes*. 2004;2(76):22-6.
9. Taboadela CH. Goniometría. Una herramienta para la evaluación de las incapacidades laborales Buenos Aires: Asociart ART. 2007.
10. Aalto TJ, Airaksinen O, Härkönen TM, Arokoski JP. Effect of passive stretch on reproducibility of hip range of motion measurements. *Archives of physical medicine and rehabilitation*. 2005;86(3):549-57.
11. Plachy J, Kovách M, Bognár J. Improving flexibility and endurance of elderly women through a six-month training programme. *Human Movement*. 2012;13(1):22-7.
12. Wang TJ, Belza B, Elaine Thompson F, Whitney JD, Bennett K. Effects of aquatic exercise on flexibility, strength and aerobic fitness in adults with osteoarthritis of the hip or knee. *Journal of advanced nursing*. 2007;57(2):141-52.
13. Kapandji AI. Fisiología articular. Tomo 1. Hombro, codo, pronosupinación, muñeca, mano 2006.
14. Begg R, Sparrow W. Ageing effects on knee and ankle joint angles at key events and phases of the gait cycle. *Journal of medical engineering & technology*. 2006;30(6):382-9.
15. Escalante A, Lichtenstein MJ, Dhanda R, Cornell JE, Hazuda HP. Determinants of hip and knee flexion range: results from the San Antonio Longitudinal Study of Aging. *Arthritis care and research*. 1999;12:8-18.

16. Anderson DE, Madigan ML. Healthy older adults have insufficient hip range of motion and plantar flexor strength to walk like healthy young adults. *Journal of biomechanics*. 2014;47(5):1104-9.
17. Gómez-Londoño C, González-Correa CH. Fuerza de presión manual y correlación con indicadores antropométricos y condición física en estudiantes universitarios. *Biosalud*. 2012;11(2):11-9.
18. Camiña Fernández F, Cancela Carral J, Romo Pérez V. La prescripción del ejercicio físico para personas mayores. Valores normativos de la condición física. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*. 2001;1(2):136-54.
19. Roberts HC, Denison HJ, Martin HJ, Patel HP, Syddall H, Cooper C, et al. A review of the measurement of grip strength in clinical and epidemiological studies: towards a standardised approach. *Age and ageing*. 2011:afr051.
20. Bohannon RW. Hand-grip dynamometry predicts future outcomes in aging adults. *Journal of geriatric physical therapy*. 2008;31(1):3-10.
21. Carrasco M, Vaquero M. Water training in postmenopausal women: Effect on muscular strength. *European Journal of Sport Science*. 2012;12(2):193-200.
22. Heyward VH. Evaluación y prescripción del ejercicio: Editorial Paidotribo; 2006.
23. Monteiro A, Carvalho J, Mota P, Bragada JA. Aerobic performance and morphological modifications after a 4 month physical activity training program in elderly women. *Journal of Sports Science & Medicine*. 2009;8:197.
24. Rikli R, Jones C. Development and Validation of Criterion-Referenced Clinically Relevant Fitness Standards for Maintaining Physical Independence in Later Years. *The Gerontologist*. 2013;53(2):255-67.
25. Chiacchiero M, Dresely B, Silva U, DeLosReyes R, Vorik B. The relationship between range of movement, flexibility, and balance in the elderly. *Topics in Geriatric Rehabilitation*. 2010;26(2):148-55.
26. Kang HG, Dingwell JB. Effects of walking speed, strength and range of motion on gait stability in healthy older adults. *Journal of biomechanics*. 2008;41(14):2899-905.
27. Hernandez D, Rose DJ. Predicting which older adults will or will not fall using the Fullerton Advanced Balance scale. *Archives of physical medicine and rehabilitation*. 2008;89(12):2309-15.
28. Vicente JM, Rodríguez HM, Montesinos JLG, Gallardo PR, Camerino AA. Medición del grado de aptitud física en adultos mayores. *Atención primaria*. 2007;39(10):565-8.
29. Sánchez-García S, García-Peña C, Duque-López MX, Juárez-Cedillo T, Cortés-Núñez AR, Reyes-Beaman S. Anthropometric measures and nutritional status in a healthy elderly population. *BMC public health*. 2007;7(1):2.
30. Rosner B. Fundamentals of Biostatistics. Cengage Learning. Inc, Kentucky. 2010.

## Capítulo III

---

# **Capítulo IV**

## **Resultados y discusión**

---

## Capítulo IV



#### 4.1. Descriptivos de la muestra

Como ya se ha descrito, la muestra analizada inicialmente estaba compuesta por un total de 36 AM, pero finalmente aquellos que estuvieron en los tres momentos de muestreo fueron 24. En la Tabla 4.1 se presentan los estadísticos descriptivos para la caracterización de la muestra, con las características al inicio de la intervención. Se recogieron diversos datos referentes a la edad, peso, altura, composición de la masa grasa, composición de la masa muscular, IMC para evaluar nutricionalmente a los AM (1) así como la distancia recorrida durante 6' para conocer la capacidad cardiorespiratoria del individuo (2, 3). Estos datos se promediaron para ambos grupos (GE, y GI), y para el total de la muestra. A partir de este momento se considerará a todos los usuarios como grupo único.

Una vez se obtuvieron los datos, se introdujeron en unas tablas Excel para posteriormente ser analizados en el programa estadístico SPSS y así analizar los estadísticos descriptivos de la media y la desviación estándar para cada variable evaluada.

**Tabla 4.1. Caracterización de la muestra en función la edad, peso, altura, masa grasa, masa muscular, IMC y capacidad aeróbica**

	GE	GI	Muestra Total
EDAD (años)	70,52 ± 5,55	71,91 ± 7,50	71 ± 6,2
PESO (kg)	70,61 ± 14,23	76,45 ± 16,18	72,61 ± 14,95
ALTURA (cm)	156 ± 0,07	159 ± 0,09	1,57 ± 0,08
M. GRASA (%)	36,70 ± 6,49	41,53 ± 10,82	38,36 ± 8,40
M. MUSCULAR (%)	41,91 ± 7,84	42,70 ± 12,75	42,18 ± 9,62
IMC (kg/cm <sup>2</sup> )	28,69 ± 4,95	29,77 ± 4,06	29,06 ± 4,63
TEST 6' (m)	539,16 ± 75,32	504,28 ± 104,65	529,16 ± 83,74

\*GE: Grupo Expertos (Valencia). \*GI: Grupo Iniciación (Siete Aguas)

## Capítulo IV

La media de edad de los AM era de 71 años. Como se muestra en la Figura 4.1(a), la mayor parte de la muestra está comprendida en el rango de edad entre los 65 y 75 años (58,33%), considerado para Cronin & Spirdurso ancianos jóvenes (4). Aun así, un 20,83% estaba constituido por ancianos y hasta un 4,17% de ancianos mayores. La amplia base de adultos mayores en la etapa inicial permite que esta intervención multicomponente tenga cierta intensidad y exigencia neuromuscular.

94

El peso medio, Figura 4.1(b), era de 72,61 kg con una media de IMC del 29,06 kg/cm<sup>2</sup>, perteneciendo la mayor parte de los AM a un estado de sobrepeso (1). Por ampliar la información relativa, los datos que se obtuvieron cuando se evaluó el porcentaje de composición de masa muscular y masa grasa respecto a la composición corporal fue que la mitad de la muestra poseía un porcentaje de masa muscular por debajo del 40% del peso total, aunque el 33% ya se acercaba al 50%. En cuanto a la masa grasa un 45,8% de AM tenía una masa grasa entre el 30 y el 40% de su peso, con el mismo porcentaje (25%) con un 10% tanto por arriba como por debajo de ese valor. En las Figuras 4.1.a y Figura 4.1.b, la Figura 4.1.c y 4.1.d, se observan los porcentajes anteriormente mencionados.

Teniendo en cuenta los valores normativos de IMC que presentó Carmiña (5) y Viana (6) en sus artículos, podemos concluir que nuestros usuarios presentaban un nivel de condición física medio y con menor riesgo de obesidad.

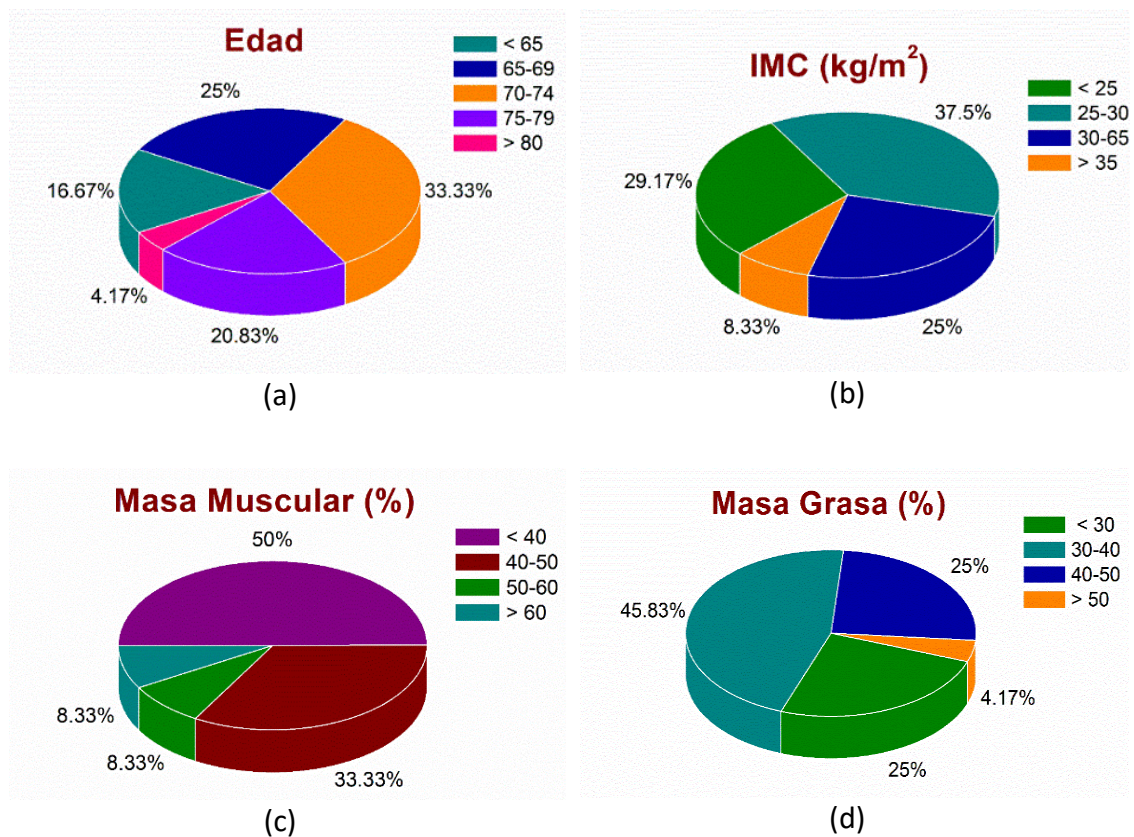


Figura 4.1. Composición de la muestra según la edad, el IMC, y el porcentaje de tejido muscular y grasa. (a) Edad, (b) IMC, (c) Masa muscular, (d) Masa grasa.

## 4.2. Resultados

Dada la gran cantidad de datos recogidos, se ha optado por presentar en esta tesis sólo aquellos resultados más relevantes. Sin embargo, para poder consultar toda la información con mayor detenimiento se han mantenido las pruebas estadísticas, las gráficas completas y las mediciones totales sobre cada variable en los Anexos. En concreto, en el Anexo VI se recogen el tratamiento estadísticos de las diferentes variables, habiéndose realizado para el estudio de los 3 muestreos las pruebas de ANOVA o Friedman y para la comparación por pares de los momentos se utilizó el T-student o Wilcoxon. En el Anexo VII, se muestran las figuras con todas las medias de las

## Capítulo IV

variables estudiadas junto con sus desviaciones estándar. En el Anexo VIII están recogidas las figuras con todas las mediciones de los usuarios para cada variable.

A continuación, en este apartado se presentan las Tablas para el estudio de los tres muestreos, así como las Figuras donde se muestra para cada variable la media con su desviación estándar, así como el valor de su significación de las variables estudiadas por pares.

96

### **4.2.1. Resultados del rango articular**

Todas las variables pasaron por 3 momentos de muestro (a excepción de la evaluación del movimiento de extensión del hombro que solo tuvo el Ev1, Ev2). A continuación, se pasa a detallar las significaciones de las variables estudiadas con sus respectivas figuras para la variable de amplitud articular. Aquellos movimientos evaluados donde no se mostraron diferencias significativas se pueden consultar en el Anexo VII.

#### **4.2.1.1. Articulación del hombro**

Los movimientos evaluados del hombro se exponen en la Tabla 4.2. Dentro de los movimientos activos del rango de movimiento de la articulación del hombro se halló que únicamente se encontraban valores estadísticamente significativos, o lo que es lo mismo, que afectaba en gran medida a la mayor parte de nuestra muestra, en los movimientos de rotación externa y rotación interna de hombro respectivamente (Figura 4.2).

Tabla 4.2. Movimientos evaluados de la cintura escapular. Valor de la significación.

Movimiento	Valor $p$	
	Derecha	Izquierda
Flexión	0,759	0,455
Extensión	0,829	0,719
Abd	0,549	0,297
Rotación externa	< 0,05	< 0,05
Rotación interna	< 0,05	< 0,05

Mediante el programa EFAM-UV©, se ha realizado ejercicios específicos de fuerza de hombro, donde se ha trabajado el movimiento de Flexo-Extensión, Abd-Add y las respectivas Rotaciones, derecha e izquierda. Los resultados obtenidos indican que, tras la valoración del programa en los muestreos Ev1 y Ev2, en lo referente a la rotación externa del hombro derecho, la muestra de AM aumentó su amplitud articular de manera significativa ( $p < 0,001$ ). Con la fase de descanso, entre el final del momento de Ev2 e inicio a la vuelta del programa Ev3, hubo una tendencia a mejorar ( $p > 0,05$ ). Si se comparan los dos inicios de programa Ev1 de años consecutivos, se observa que el grupo de AM no sólo mantiene la amplitud de movimiento ganada durante primer año del programa, sino que la consigue mejorar ( $p < 0,001$ ), ya que la muestra, aunque el programa finalice en los meses estivales, sigue realizando una serie de ejercicios en casa.

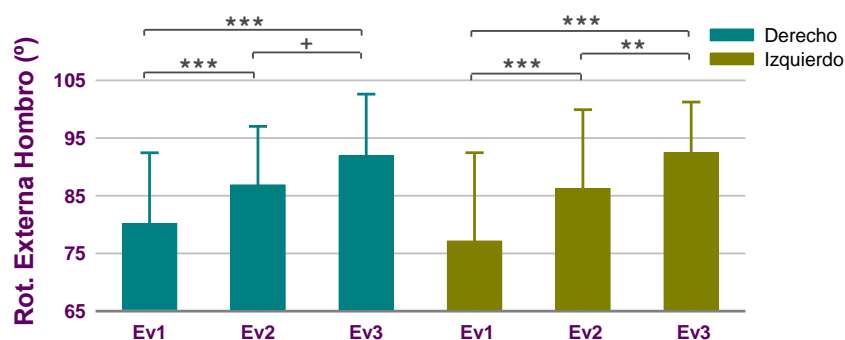


Figura 4.2. Rotación externa de hombro derecho e izquierdo durante la Ev1, Ev2 y Ev3.

\*\*\*:  $p < 0,001$  \*\*:  $p < 0,01$ ; +:  $p > 0,05$

En la Figura 4.3 se muestran los resultados para la variable de rotación interna. Se obtuvieron resultados significativos entre los muestreos Ev1 y Ev2, y entre los momentos Ev1 y Ev3, tanto para el lado derecho como para el izquierdo. Durante el momento Ev1 y Ev2 se encontraron significaciones referentes a la ganancia de amplitud del movimiento. Además dicho movimiento se presentaba en el Ev3 con valores superiores al momento Ev1.

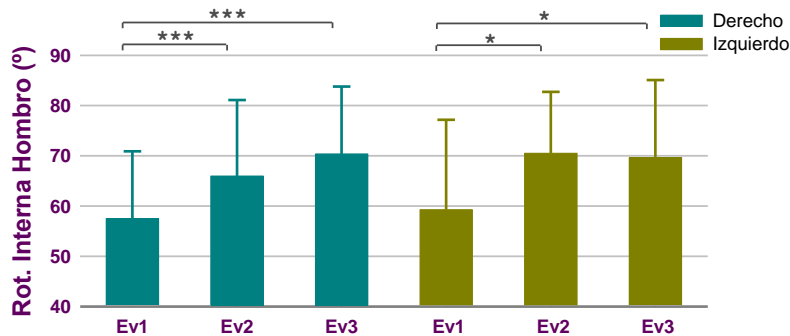


Figura 4.3. Rotación interna de hombro derecho e izquierdo durante la Ev1, Ev2 y Ev3.

\*\*\*:  $p < 0,001$  \*\*:  $p < 0,01$ ; +:  $p > 0,05$

Tras analizar los resultados, se comprobó que los usuarios del programa partían con unos valores de amplitud articular considerablemente aptos comparado con una muestra de jóvenes. Según Cyrino et al. (7), para los movimientos de la flexión de hombro antes de la intervención a la que fueron sometidos de un entrenamiento de fuerza, tanto su grupo de jóvenes analizados como su grupo control, partían de amplitudes cercanas a los  $180^\circ$ , muy parecidas a la de nuestros usuarios, tal vez por ello no se han encontrado diferencias significativas en dicha variable tras la realización del programa. Concretamente, las variables con mayor grado de diferencia se encuentran en la extensión de hombro. La variable de ROM en la EESS, tras aplicar un entrenamiento de fuerza, tanto en jóvenes como en adultos mayores, como ocurre en diversos estudios (8) consigue ser aumentada favoreciéndose la amplitud articular y por lo tanto se consigue mayor grado de autonomía y funcionalidad mejorándose la calidad de vida (9, 10). No obstante, en la flexión de codo no suelen verse ganancias significativas (11). No hay que olvidar que existen otros programas de entrenamiento donde, mediante trabajo de fuerza y estiramiento, se consigue incidir sobre la movilidad del hombro (12),

aunque si se compara entre ellos no se evidencia significación en el movimiento de la extensión del mismo.

Otros de los momentos estudiados, es el período de descanso donde no se participa con el programa. Dos Santos et al., en su estudio (13), evalúa a su muestra después de 16 semanas tras dejar el plan de entrenamiento de fuerza y concluye que no existen pérdidas significativas a nivel de la amplitud del movimiento. En cambio Fatouros (10), indica que la ausencia de entrenamiento de fuerza más allá de 3 meses ocasiona pérdidas en la flexibilidad articular. Este dato es de vital importancia, ya que por diversas situaciones los AM en muchas ocasiones han de interrumpir el entrenamiento. Además, también menciona que las pérdidas en el ROM son menores en aquellos entrenamientos de fuerza donde se realizaban ejercicios alrededor de un 60% del 1RM. En principio, en los sujetos del presente estudio, no hay una significación importante referente a la pérdida de movimiento cuando cesa por un tiempo la ejecución del programa, pero sí que existen pequeñas disminuciones de los valores del ROM, aunque no aportan significaciones estadísticas. Estos resultados pueden ser explicados a partir del tipo de entrenamiento de fuerza que realiza la muestra, ya que parece ser que es de vital importancia así como la intensidad del mismo, para determinar pérdidas en la variable. En el presente programa las resistencias que se emplean son aquellas que aseguran la perfecta técnica de ejecución del movimiento, adaptándolas a las características individuales toleradas por el AM (31).

#### **4.2.1.2 Articulación de la cadera**

Los movimientos evaluados a nivel de la articulación de la cadera y su valor  $p$  se encuentran en la Tabla 4.3. Cabe comentar que únicamente se obtuvo significación con el movimiento de extensión. La Figura. 4.4 muestra la media y la desviación estándar en este caso.

Tabla 4.3. Movimientos evaluados de la cadera. Valor de la significación.

Movimiento	Valor $p$	
	Derecha	Izquierda
Extensión	< 0,05	< 0,05

En la cadera derecha, para el movimiento de la extensión, durante los momentos de muestro Ev1-Ev2, se consiguió un aumento del rango articular, aunque no fue significativo. En cambio, con el tiempo de descanso, en los muestreos Ev1-Ev3 se produjo una pérdida del ROM.

En la cadera izquierda, la significación afectó a los momentos de valoración de la Ev2-Ev3, obteniéndose una pérdida de la amplitud con el cese del programa, incluso realizando los ejercicios para casa. También se observaron diferencias entre el Ev1-Ev3, existiendo un empeoramiento un año después.

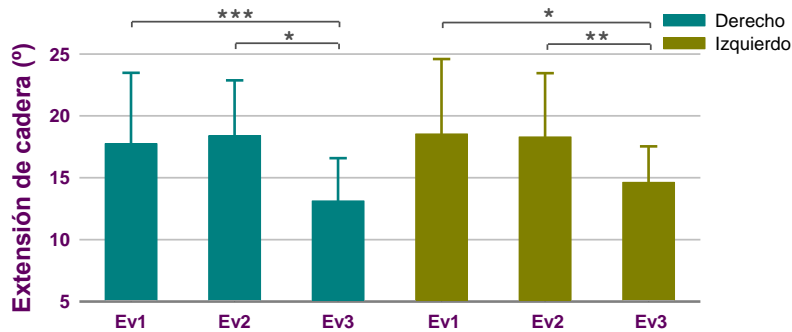


Figura 4.4. Extensión de cadera derecha e izquierda durante la Ev1, Ev2 y Ev3.

\*\*\*:  $p < 0,001$  \*\*:  $p < 0,01$ ;

#### 4.2.1.3. Articulación de la rodilla

Los resultados de la articulación de la rodilla durante los tres momentos Ev1, Ev2 y Ev3 muestran diferencias significativas tanto en la rodilla derecha como en la izquierda (Figura 4.5). Los valores de significación se observan en la Tabla 4.4.



Tabla 4.4. Movimientos evaluados de la rodilla. Valor de la significación.

Movimiento	Valor $p$	
	Derecha	Izquierda
Flexión	< 0,05	< 0,05

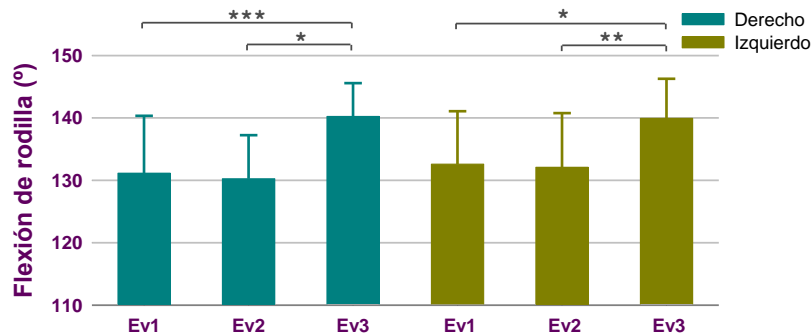


Figura 4.5. Flexión de rodilla derecha e izquierda durante la Ev1, Ev2 y Ev3.

\*\*\*:  $p < 0,001$  \*\*:  $p < 0,01$ ; +  $p < 0,05$

#### 4.2.1.4. Articulación del tobillo

Los resultados de la articulación del tobillo en el movimiento de la flexión plantar (Figura 4.6), durante los tres momentos Ev1, Ev2 y Ev3 muestran diferencias significativas tanto en el tobillo derecho como en el izquierdo. Una vez acabado el programa EFAM se consigue un aumento del movimiento de la flexión plantar en ambos tobillos. Con el tiempo de descanso activo, ya que siguen con ejercicios para casa, la amplitud de movimiento se ve afectada disminuyendo su rango de movimiento. Si se comparan las diferencias entre el Ev1-Ev3, se comprueba que un año más tarde y después de la fase de descanso la movilidad durante la flexión plantar del tobillo se ve afectada significativamente. Los valores de significación se observan en la Tabla 4.5.

Tabla 4.5. Movimientos evaluados del tobillo. Valor de la significación.

Movimiento	Valor $p$	
	Derecha	Izquierda
Flexión plantar	< 0,005	< 0,05
Flexión dorsal	< 0,005	< 0,05

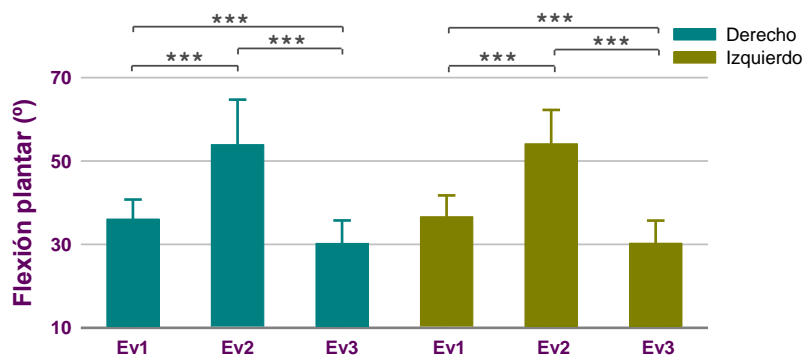
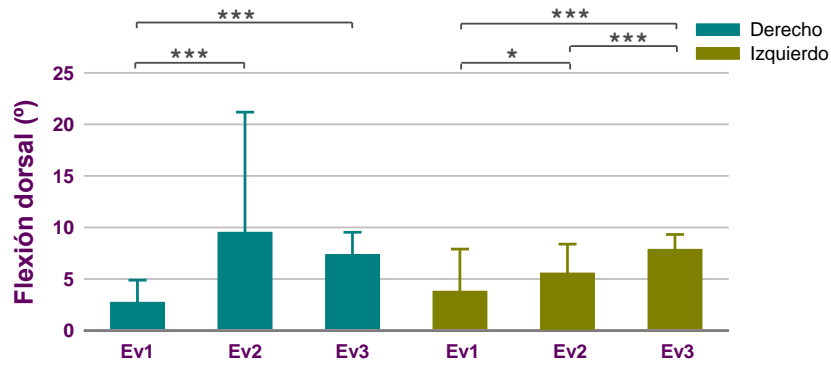


Figura 4.6. Flexión plantar del tobillo derecho e izquierdo durante la Ev1, Ev2 y Ev3. \*\*\*:  $p < 0,001$

En lo que respecta al movimiento de flexión dorsal (Figura 4.7), durante los tres momentos Ev1, Ev2 y Ev3 se encuentran diferencias significativas tanto en el tobillo derecho como en el izquierdo. En el tobillo derecho se produce una significación entre el muestreo Ev1-Ev2 y el Ev1-Ev3. En el primer momento, y tras el programa la movilidad se mejora y un año después las ganancias no solo se conservan, sino que se aumentan. En el tobillo izquierdo, existen mejoras entre el muestreo Ev1-Ev2, Ev2-Ev3 y Ev1-Ev3, originándose mejorías significativas de ganancias en la amplitud articular en los tres momentos y consiguiendo mejoras a lo largo del tiempo.



**Figura 4.7. Flexión dorsal del tobillo derecho e izquierdo durante la Ev1, Ev2 y Ev3.**

\*\*\*:  $p < 0,001$  \*\*:  $p < 0,01$ ; \*  $p < 0,05$

La flexibilidad articular o amplitud articular se ve desfavorecida con la edad, siendo la inactividad una posible causa. En este estudio, los usuarios partían con menor ROM al inicio del programa que después. Espada (14), estudió en poblaciones jóvenes las consecuencias del paso de los años así como de las posturas. En su estudio muestra como la vida sedentaria ocasiona cambios en la amplitud articular, el hecho de permanecer muchas horas sentados provoca acortamientos musculares en la EEII que conlleva a alteraciones en la amplitud de movimiento de la cadera, rodilla y tobillo. Asimismo, la presencia de tensión muscular en el movimiento articular de cadera es responsable que el AM pierda movilidad afectándose la marcha, planteándose un entrenamiento con estiramientos para evitar sus pérdidas (15). Uno de los mecanismos de actuación para frenar los déficits de movilidad es realizar ejercicio físico. Algo similar puede ocurrir en el AM, que como consecuencia del sedentarismo junto con la edad, se agraven estas pérdidas de amplitudes. Si se observan los valores de nuestros usuarios, se aprecia como el hecho de seguir un programa de entrenamiento tiene mejoras sobre esas articulaciones que anteriormente han sido citadas. El entrenamiento de fuerza, a pesar de la poca evidencia que existe en estudios de AM, causa efectos positivos en las articulaciones de la EEII (cadera y rodilla), aumentando el ROM (7, 10, 11, 16). Como entrenamiento opuesto al de fuerza estaría el entrenamiento para mejorar amplitud articular por medio de un programa de estiramientos, ya que a partir por ejemplo de estiramientos de larga duración se consigue mejorar el ROM de la rodilla en AM (17), aunque en programas donde se compara el entrenamiento de fuerza con el de ejercicios

## Capítulo IV

de estiramientos no se ven diferencias significativas entre los grados de ROM en el movimiento de la cadera (18).

Referente al ROM de la rodilla, en este estudio se lograron diferencias significativas, en cambio existen otros como el de Monteiro et al., donde no hubo cambios. Por ello, el autor defiende la hipótesis que tras un entrenamiento de fuerza se mejoran algunas articulaciones, pero no todas (11).

Cuando los AM dejan el programa, los efectos sobre la amplitud articular son negativos. En el presente estudio, se obtienen diferencias significativas entre el muestreo Ev2-Ev3 para el movimiento de flexión dorsal derecha, flexión plantar derecha e izquierda de tobillo y extensión de la cadera. En todos los movimientos mencionados se ocasionan pérdidas significativas en el ROM. En cambio en la articulación de la rodilla se produce todo lo contrario, y tras los meses de descanso se origina una ganancia del ROM. A nivel del movimiento de la flexión de cadera la amplitud articular presenta un descenso, pero no estadísticamente significativa.

A nivel general, tanto para la amplitud articular en EESS como en la EEII se plantean una serie de cuestiones. Por ejemplo, se debe discutir sobre qué tipo de entrenamiento es el más beneficioso. Fatouros et al., (16), se compara diferentes tipos de entrenamiento y observa que un entrenamiento multicomponente donde se utiliza la fuerza produce mejorías significativas sobre la amplitud articular tanto de la EESS (hombro y codo) como de la EEII (cadera y rodilla), en cambio el entrenamiento combinado de fuerza con ejercicios aeróbicos donde el AM debía de andar o correr suavemente, sólo muestra significación a nivel de los movimientos de la cadera. Concretamente, el entrenamiento de fuerza mejora comparando el pre-post a nivel del codo y rodilla un 7% de ganancias de amplitud articular. A nivel de flexión de hombro y cadera un 15 % y 9,5 % respectivamente y el dato más sugerente es en la ganancia de la extensión de hombro y cadera, movimientos que con la edad se van deteriorando y que con el entrenamiento de fuerza logran incrementarse en un 30 % y 38 %). En el presente estudio, tras las semanas del programa multicomponente EFAM-UV©, se consigue aumentar los grados de manera significativa sólo a nivel de la extensión de la cadera, hecho que debe de plantearse a la hora de futuros entrenamientos e incidir más en los

movimientos de extensión de hombro. No hay que olvidar que la mayor parte de nuestros usuarios realizaba con anterioridad el programa de entrenamiento, siendo los valores en el muestreo Ev1 superiores y en cambio la muestra de Fatouros (10, 16) en sus estudios está compuesta con AM inactivos, cuyos valores de ROM tanto en la EESS como en la EEII en el pre-entrenamiento, son mucho menores comparado con nuestra muestra de AM, lo que puede ayudar que tras las semanas de entrenamiento los cambios sean más significativos entre AM inactivos frente a los que ya desarrollaban con anterioridad algún tipo de entrenamiento.

Es evidente, que el hecho fundamental para ganar amplitud articular es que, en los entrenamientos, se deben realizar los ejercicios en toda la amplitud del movimiento (16, 19, 20) sin olvidar que la ganancia en flexibilidad articular es un componente fundamental para que el AM sea autónomo en sus AVD (8), ya que el ROM a nivel del hombro permite al AM ser independiente y a nivel de EEII permite que pueda caminar o conducir entre otras acciones (10).

Si se cuestiona el tiempo de duración del programa de ejercicio físico, se observa que las semanas necesarias de un programa de entrenamiento de fuerza para conseguir mejoras en la amplitud articular es diverso. En algunos estudios con 10 semanas (7, 11, 20) de entrenamiento ha sido suficiente para alcanzar ganancia de movimiento. En otros casos, son necesarias 16 semanas (13, 16) o 24 semanas (8, 10, 21). Se considera que aquellos estudios de 5 semanas constituyen poco tiempo de entrenamiento para lograr mayor cantidad de beneficios (18).

Habría que determinar qué efectos tiene el trabajo de fuerza a diferentes intensidades sobre la movilidad articular, pues parece ser que los entrenamientos de alta intensidad favorecen más las mejoras (21). Concretamente, a nivel de la amplitud articular, se ha visto que ésta es dependiente de la intensidad utilizada en los programas de entrenamiento pero, es preferible utilizar resistencias de suave a moderadas (alrededor del 60 % de 1RM) que grandes intensidades de resistencias (>80 % de 1RM), ya que las ganancias en estos rangos tan altos de intensidad no son tan evidentes (10). De todas formas la poca evidencia en la metodología de los estudios hace que no pueda valorarse de manera más objetiva el protocolo adecuado (11). No obstante, la muestra

del estudio siempre trabaja en función la condición física que posee sin que el entrenamiento pueda provocar dolor o algún tipo de compensación en la ejecución.

Respecto al desentrenamiento, a rasgos generales se puede afirmar que la evidencia al respecto sobre AM es escasa. Los efectos tras el fin del entrenamiento de fuerza pueden estar condicionados por la edad, y el tipo de intensidad a la que se ha realizado el programa sobre los AM. Se piensa que pasados los 3 meses la amplitud articular que se hubiese ganado puede verse modificada (10, 13, 21). Este dato se asemeja bastante con los usuarios del programa, ya que el movimiento de cadera y de tobillo se ve afectado con un descenso de movimiento, lo que corrobora que el paso del tiempo produce un empeoramiento de la amplitud articular.

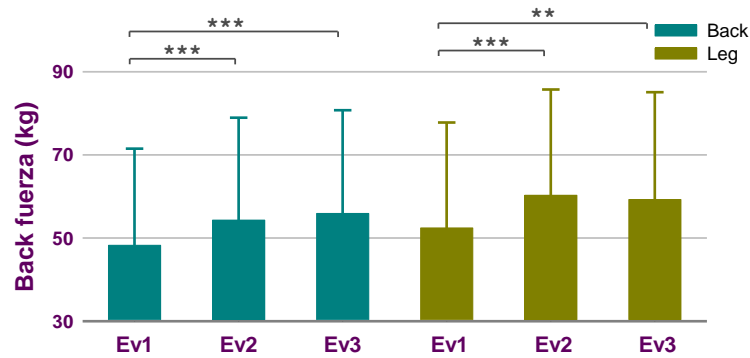
### 4.2.2. Resultados Fuerza muscular

#### 4.2.2.1. Fuerza de espalda y tronco

Al analizar las variables de fuerza muscular, sólo se obtuvieron diferencias significativas en la variable de fuerza en la musculatura extensora de espalda durante los tres muestreos, consiguiéndose ganancias en la realización de la prueba entre Ev1-Ev2 y Ev1-Ev3. Estas diferencias se muestran en la Figura 4.8. Los valores de significación se observan en la Tabla 4.6.

**Tabla 4.6. Valores de significación para las variables de fuerza.**

Variables	Valor $p$
Fuerza Espalda	< 0,05
Fuerza EEII	< 0,05



**Figura 4.8. Fuerza muscular de espalda y EEl durante Ev1, Ev2 y Ev3. \*\*\*:  $p < 0,001$  \*\*:  $p < 0,01$ ; \* $p < 0,05$**

Con el programa EFAM-UV© se consiguen mejoras a nivel de la fuerza muscular como en otros estudios donde se analiza dicha variable tras un plan de entrenamiento de fuerza (8). Un hecho a remarcar, es que según la intensidad del programa los efectos sobre la ganancia de fuerza son mayores o menores. Fatouros (21), trabajó con un grupo de AM masculinos a diferentes intensidades, baja (50-55 % 1RM) y alta (80-85% 1RM), y concluyó que el trabajo de alta intensidad dentro del programa, ofrecía mejores resultados en la ganancia de fuerza muscular. Este dato que también ha sido corroborado por otros autores (3, 22), e igualmente nos indican la importancia de individualizar el entrenamiento en función la condición física del AM. No obstante, entrenamientos progresivos de menor a moderada intensidad producen mejoras en la ganancia de fuerza a nivel de la cadera, rodilla y tobillo (23). Además, en aquellos entrenamientos donde se acompaña el ejercicio de fuerza junto con estiramientos estáticos se alcanzan también mejoras sobre la fuerza tanto en EESS como EEl (19). Aunque los valores de la fuerza en la extremidad superior (Hand grip), no han sido significativos después del programa del presente estudio, cabe indicar que existieron ligeras mejorías o por lo menos no se estuvo perjudicada por el entrenamiento. Al comparar con otros estudios en AM (24), se comprueba que los usuarios del programa EFAM-UV©, no consiguen incrementar sus valores, tal vez porque aún realizando un entrenamiento de fuerza se le puede dar más importancia a que consigan realizar el movimiento en toda su amplitud independientemente del peso que puedan levantar. Además si se compara la muestra con otros usuarios de programas diferentes (6), se evidencia diferencias a nivel de la fuerza, teniendo los usuarios del estudio de Viana

## Capítulo IV

valores comprendidos entre 24-48,2 Nm y los del programa EFAM de 24,5 Nm. Hay que considerar otros estudios que combinan ejercicios de fuerza junto específicos de estiramiento, y en donde tras 1 año del programa se obtienen mejoras en la fuerza muscular tanto de EEII como de EESS (25).

108

Se puede concluir que mediante el entrenamiento de fuerza de alta intensidad se consiguen mejoras en la fuerza muscular tanto en hombres como en mujeres, además constituye una herramienta eficaz contra la lucha de la debilidad muscular que va asociada a la sarcopenia como consecuencia del envejecimiento. Es por ello, que la variable de fuerza muscular debe ser considerada como un factor preventivo para mantener un estado de salud óptimo, ya que el hecho de conservar la fuerza a nivel corporal, permite al individuo a ser funcional y autónomo y a sufrir un menor número de caídas (22, 23).

Con el desentrenamiento no se lograron ver pérdidas significativas. Se deben realizar más estudios sobre los tiempos de descanso entre los planes de entrenamiento, ya que hay poca evidencia al respecto, para poder afirmar aspectos referentes a la intensidad del ejercicio, ya que los efectos del desentrenamiento parecen ser menores si se usan intensidades moderadas de ejercicios de fuerza (10, 13).

### 4.2.3. Flexibilidad

Los resultados de la flexibilidad muscular tanto de la EESS como de la EEII durante los tres momentos Ev1, Ev2 y Ev3 revelaron significación exclusivamente a nivel de la EEII, por medio del Test Sit and Reach, tanto en la pierna derecha como en la izquierda entre los muestreos Ev1-Ev2 y Ev1-Ev3 (Figura 4.9.). Los valores de significación se pueden ver en la Tabla 4.7.

**Tabla 4.7. Valores de significación para la variable de flexibilidad en EESS y EEII**

Variables	Valor <i>p</i>	
	Derecha	Izquierda
Back and Scratch	0,591	0,085
Sit and Reach	< 0,05	< 0,05



Al analizar las variables de flexibilidad muscular, existieron diferencias significativas en la EEII tanto en la extremidad izquierda como en la derecha. En la Figura 4.9, se indican las diferencias significativas en la EEII derecha durante los muestreos Ev1-Ev2 y Ev1-Ev3. También se indica aquellas diferencias significativas en la extremidad inferior izquierda entre los muestreos Ev1-Ev2 y Ev1-Ev3. De esta forma se vio que tras el programa EFAM-UV©, la flexibilidad muscular se vio mejorada en ambas extremidades inferiores. Entre los muestreos Ev1-Ev2 se observó que en el lado derecho se consiguieron mejoras con una  $p < 0,05$ , y en el lado izquierdo esta significación fue mayor, con una  $p < 0,001$ . Referente a si después del programa y con las semanas de descanso existieron diferencias, los resultados muestran que a pesar de que los valores de la flexibilidad mejorasen, ésta no fue significativa. En cambio, los usuarios del programa, un año después de su evaluación inicial (Ev1), comenzaron con el siguiente año (Ev3), presentando una mejoría significativa en la flexibilidad, tanto del lado derecho con una  $p < 0,05$  como en el izquierdo con una  $p < 0,001$ .

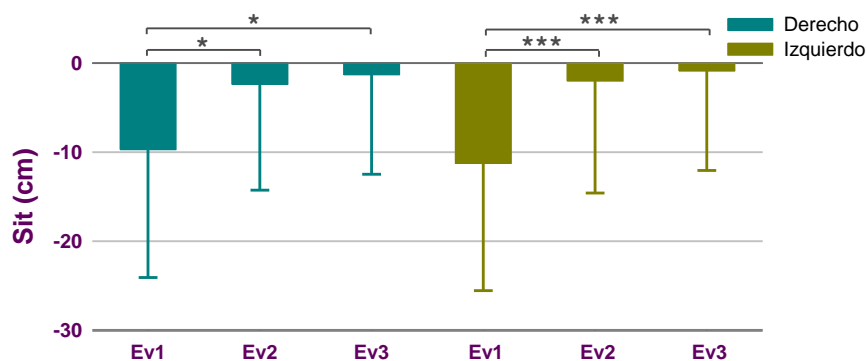


Figura 4.9. Flexibilidad muscular de las EEII durante Ev1, Ev2 y Ev3.

\*\*\*:  $p < 0,001$  \*\*:  $p < 0,01$ ; \* $p < 0,05$

Al comparar los usuarios del programa con los valores normativos de la flexibilidad citados por Vicente et al., se distinguió las diferencias entre el grupo de usuario del estudio de dicho autor con respecto al del presente estudio. Se vio, que para la misma edad se partía en una fase de inicio del entrenamiento con valores de -9 y -3 cm referente al género frente a los -11 y -9 cm respectivamente para la lateralidad, presentes en el Test Sit and Reach. Tras el entrenamiento, la muestra de Vicente et al., consiguió ganancias entre 13-15cm frente a 7-9 cm de los usuarios de este estudio (26).

Existe controversia a la hora de afirmar que sólo con un entrenamiento de fuerza se consiguen mejoras en la amplitud articular. Autores como Barbosa et al., (20), defiende en su estudio que por medio de un trabajo muscular se logra modificar las características musculares y fasciales que son responsables en un 41% de la resistencia que se origina a nivel articular al realizar un movimiento, viéndose mejorado el movimiento articular al final del programa de entrenamiento sin incluir ningún tipo de ejercicio aeróbico ni de estiramiento (19). Este hecho se consigue porque el movimiento de fuerza es realizado en toda su amplitud articular como ocurre en el programa EFAM-UV©. Al igual que Barbosa et al., tras la realización de este programa el grupo de AM mejoraron considerablemente la flexibilidad y además se consiguió que se mantuviese esta mejora a lo largo del tiempo. Otros autores (10, 27) defienden que, la metodología empleada en los entrenamientos de fuerza es fundamental para valorar a posteriori ganancias en la flexibilidad muscular, pero que no hay estudios suficientes que lo avalen. Junior et al., en su investigación, comprobó que por medio de un entrenamiento de fuerza conseguía aumentar los valores de la flexibilidad mediante el Test Sit and reach, siendo el volumen del entrenamiento una variable a considerar para conseguir mejoras. Pero no solo por medio de un entrenamiento de fuerza se pueden alcanzar incrementos en la flexibilidad. Hay estudios que demuestran que a partir de programas con ejercicios específicos de estiramiento o combinando entrenamiento de fuerza con estiramientos, se consigue mejorar de manera más eficaz la flexibilidad (19, 25, 28). Si se compara a los usuarios de EFAM-UV© con aquella muestra del estudio anteriormente mencionado, que trabaja con estiramientos, se observa que tras el programa y con el periodo de descanso los valores alcanzados eran menores que en el grupo donde se habían realizado estiramientos (concretamente la muestra del estudio presentó valores de -2,38 y -2,02 cm tanto para la EEII derecha como la izquierda, frente a 4,2 cm de los individuos del estudio comparado) (28). Este hecho, aunque para el grupo EFAM se consigan diferencias significativas, hace pensar que debería prestarse más atención en la flexibilidad de las EEII ya que comparado con usuarios de otros programas con características similares, siguen poseyendo valores más bajos (6).

Otra variable del SFT, para estudiar la flexibilidad de la extremidad superior es por medio del Test Back scratch. En la muestra de estudio no existieron diferencias

significativas, aunque en la EESS izquierda hubo un incremento de flexibilidad. Al comparar con la muestra de Lohne (24), se concluye que tras el entrenamiento de fuerza los usuarios de este programa lograron mejores valores de flexibilidad que la muestra de Noruega. En el estudio de Vicente et al., citado anteriormente, tras el entrenamiento seguido se adquirieron para la flexibilidad de la EESS, datos antes del inicio del programa que referían valores entre -10 y -20 cm con ganancias de 7 y 17 cm. En cambio, en este estudio, se partió de valores alrededor de -9cm y tras el entrenamiento no se obtuvieron ganancias significativas, tal vez porque al partir de mejores valores frente a la muestra de Vicente, las mejoras iban a ser menores (26).

En otros estudios donde se realizó un programa de estiramientos (28) los valores que se consiguieron fueron mejores. Este dato sugiere que se debe o bien incidir más sobre la musculatura de la EESS durante el programa de entrenamiento de fuerza o bien incorporar a ese programa algún tipo de ejercicio donde se mejore la flexibilidad.

Por último, mencionar que tanto el programa EFAM-UV© como los anteriormente mencionados, están dirigidos a una población no dependiente y que no sufre discapacidades. Por ello Stanziano et al., consideró a un grupo poblacional que no puede participar en programas de cierto nivel físico e ideó para estos AM un entrenamiento que pudieran seguir de menor intensidad. Este plan de entrenamiento estaba compuesto de ejercicios de estiramiento adaptados a lo largo de 8 semanas y consiguió mejorías en la flexibilidad(29).

#### 4.2.4. Equilibrio

Los resultados de la valoración del equilibrio dinámico por medio del Test de Fullerton, durante los tres momentos Ev1, Ev2 y Ev3 evidenciaron cambios significativos durante los muestreos Ev1-Ev2 y Ev1-Ev3. (Figura 4.10). Los valores de significación se observan en la Tabla 4.8.

**Tabla 4.8. Valores de significación para el equilibrio dinámico**

Variable	Valor $p$
Test de Fullerton	< 0,05

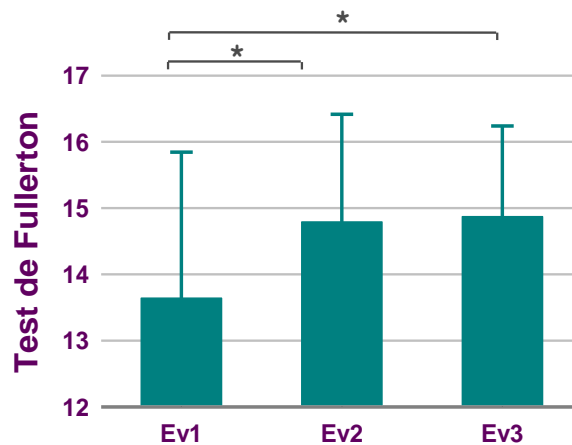


Figura 4.10. Equilibrio dinámico durante Ev1-Ev2-Ev3.

\*\*\*:  $p < 0,001$  \*\*:  $p < 0,01$ ; \* $p < 0,05$

Junto con los licenciados de la actividad física, el fisioterapeuta por medio de trabajo de fuerza también se encarga de rehabilitar el equilibrio en el AM con la finalidad de conseguir un movimiento funcional (30). Liu (3), hizo una revisión para determinar los efectos del entrenamiento de fuerza sobre diferentes variables, una de ellas el equilibrio. Igual que en el presente estudio, tras un entrenamiento de fuerza se consiguió mejorar el equilibrio dinámico, pero no se tiene evidencia del mantenimiento en el tiempo de dichos beneficios. Al no realizar un estudio inter-grupo (no se comparó entre el género), parece ser que contrariamente a otras variables, referente al equilibrio el género no parece influenciar (24). También hay que prestar atención a aquellos entrenamientos donde se combina la fuerza con el estiramiento, ya que benefician al equilibrio tras el desarrollo del programa (25).

### 4.3. Discusión de la Hipótesis de trabajo

Después de un año de entrenamiento, los AM poseen mejoras a nivel de la amplitud articular del hombro durante las rotaciones, en la flexión de rodilla y la flexión dorsal del tobillo. Refieren una pérdida de movimiento en la extensión de la cadera y la flexión plantar del tobillo. A nivel de la fuerza muscular, tanto en la musculatura extensora de la espalda como extensora de las EEII se produce un incremento. Tanto la flexibilidad como el equilibrio se ven favorecidos

De esta forma vemos el cumplimiento parcial de nuestra hipótesis, ya que la fuerza de EEII y el equilibrio se ven favorecidos, pasando desapercibido el incremento de fuerza en EESS. A nivel del ROM las articulaciones que más se ven favorecidas son las de la EEII. No obstante, los meses de descanso ocasionan pérdidas de amplitud a nivel de la articulación del tobillo y tras un año de la intervención, los AM están en mejores condiciones, si se valora la flexión de rodilla así como la fuerza, la flexibilidad y el equilibrio. No obstante, se empeora a nivel de extensión de cadera y flexión plantar y dorsal del tobillo.

### 4.4. Limitaciones del estudio

Una limitación con la que se encuentra el estudio es que no posee Grupo Control (GC), sobre el que se podrían haber comparado los resultados obtenidos y realizar un estudio inter-grupo con la finalidad de valorar los efectos del programa EFAM-UV© entre la muestra que lo realizó y aquellos que por el contrario no lo hicieron.

Respecto a la evaluación del ROM articular, no se tuvo en cuenta la hora del día en donde se procedió a medir, ya que al inicio de la mañana la capacidad de flexibilidad del individuo es menor que al medio día, pero la muestra por diferentes causas de participación siempre fue convocada al inicio de la mañana. Debido a diferentes factores que pueden condicionar dicha capacidad de flexibilidad se sugiere que para futuros estudios se tenga en cuenta la limitación anteriormente comentada, así como una

## Capítulo IV

segunda evaluación a las 2 semanas con 2 medidas más, siendo un total de 4 medidas para posteriormente hallar la media.

Tampoco se realizaron mediciones de los perímetros musculares a nivel de las extremidades, variable que habría sido interesante considerar para comprobar qué efectos tiene el entrenamiento y el desentrenamiento sobre la masa muscular, ni se midió el índice cintura-cadera, que en función los resultados, se asociaría al riesgo de padecer enfermedades cardiovasculares y un incremento de la probabilidad de tener diabetes mellitus II.

Por último, comentar que durante la búsqueda bibliográfica se hallaron pocos estudios con valores establecidos de referencia para la población de AM.

## Bibliografía

1. OMS. Obesidad y sobrepeso. Centro de prensa. 2016;311.
2. Sánchez-García S, García-Peña C, Duque-López MX, Juárez-Cedillo T, Cortés-Núñez AR, Reyes-Beaman S. Anthropometric measures and nutritional status in a healthy elderly population. BMC public health. 2007;7(1):2.
3. Liu C-j, Latham NK. Progressive resistance strength training for improving physical function in older adults. Cochrane Database Syst Rev. 2009;3(3).
4. Sisamón Rodríguez ME. Prevención del déficit funcional en pacientes ancianos hospitalizados por enfermedad aguda: estudio preliminar de un programa de fuerza. 2012.
5. Camiña Fernández F, Cancela Carral J, Romo Pérez V. La prescripción del ejercicio físico para personas mayores. Valores normativos de la condición física. Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte. 2001;1(2):136-54.
6. Viana B, Gómez J, Paniagua M, Da Silva M, Núñez V, Lancho J. Características antropométricas y funcionales de individuos ctivos, mayores de 60 años, participantes en un programa e actividad física. Revista Española de Geriatria y Gerontología. 2004;39(5):297-304.
7. Cyrino ES, Oliveira ARd, Leite JC, Porto DB, Dias RMR, Segantin AQ, et al. Flexibility behavior after 10 weeks of resistance training. Revista Brasileira de Medicina do Esporte. 2004;10(4):233-7.
8. de Farias MC, Borba-Pinheiro CJ, Oliveira MA, de Souza Vale RG. Efectos de un programa de entrenamiento concurrente sobre la fuerza muscular, flexibilidad y autonomía funcional de mujeres mayores. Revista Ciencias de la Actividad Física. 2014;15(2).
9. Santos E, Rhea MR, Simão R, Dias I, de Salles BF, Novaes J, et al. Influence of moderately intense strength training on flexibility in sedentary young women. The Journal of Strength & Conditioning Research. 2010;24(11):3144-9.
10. Fatouros IG, Kambas A, Katrabasas I, Leontsini D, Chatzinikolaou A, Jamurtas AZ, et al. Resistance training and detraining effects on flexibility performance in the elderly are intensity-dependent. The Journal of Strength & Conditioning Research. 2006;20(3):634-42.
11. Monteiro WD, Simão R, Polito MD, Santana CA, Chaves RB, Bezerra E, et al. Influence of strength training on adult women's flexibility. The Journal of Strength & Conditioning Research. 2008;22(3):672-7.
12. Girouard CK, Hurley BF. Does strength training inhibit gains in range of motion from flexibility training in older adults? Medicine and science in sports and exercise. 1995;27(10):1444-9.
13. dos Santos DG, Borba-Pinheiro CJ, de Souza RG, da Luz Borges S. Efectos de desentrenamiento de 16 semanas sobre la fuerza muscular, flexibilidad y autonomía funcional de mujeres mayores, después de un programa de ejercicios. Revista Ciencias de la Actividad Física. 2016;16(2).
14. Espada DR, Montesinos JLG, Vicente JM. Diferencias en las amplitudes articulares entre varones y mujeres en edad escolar. Apunts Medicina de l'Esport. 2007;42(153):13-25.
15. Kerrigan DC, Lee LW, Collins JJ, Riley PO, Lipsitz LA. Reduced hip extension during walking: healthy elderly and fallers versus young adults. Archives of physical medicine and rehabilitation. 2001;82(1):26-30.

## Capítulo IV

16. Fatouros I, Taxildaris K, Tokmakidis S, Kalapotharakos V, Aggelousis N, Athanasopoulos S, et al. The effects of strength training, cardiovascular training and their combination on flexibility of inactive older adults. *International journal of sports medicine*. 2002;23(02):112-9.
17. Feland JB, Myrer JW, Schulthies SS, Fellingham GW, Meason GW. The effect of duration of stretching of the hamstring muscle group for increasing range of motion in people aged 65 years or older. *Physical therapy*. 2001;81(5):1110.
18. Morton SK, Whitehead JR, Brinkert RH, Caine DJ. Resistance training vs. static stretching: effects on flexibility and strength. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2011;25(12):3391-8.
19. Simão R, Lemos A, Salles B, Leite T, Oliveira É, Rhea M, et al. The influence of strength, flexibility, and simultaneous training on flexibility and strength gains. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2011;25(5):1333-8.
20. Barbosa AR, Santarém JM, Jacob Filho W, Marucci MDFN. Effects of resistance training on the sit-and-reach test in elderly women. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2002;16(1):14-8.
21. Fatouros I, Kambas A, Katrabasas I, Nikolaidis K, Chatzinikolaou A, Leontsini D, et al. Strength training and detraining effects on muscular strength, anaerobic power, and mobility of inactive older men are intensity dependent. *British journal of sports medicine*. 2005;39(10):776-80.
22. Peterson MD, Rhea MR, Sen A, Gordon PM. Resistance exercise for muscular strength in older adults: a meta-analysis. *Ageing research reviews*. 2010;9(3):226-37.
23. Rubenstein LZ, Josephson KR, Trueblood PR, Loy S, Harker JO, Pietruszka FM, et al. Effects of a group exercise program on strength, mobility, and falls among fall-prone elderly men. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*. 2000;55(6):M317-M21.
24. Lohne-Seiler H, Kolle E, Anderssen SA, Hansen BH. Musculoskeletal fitness and balance in older individuals (65–85 years) and its association with steps per day: a cross sectional study. *BMC geriatrics*. 2016;16(1):6.
25. Navarro ML, Leiva ML, Narváez VPD, Díaz P, Orellana EA. Efectos de un programa de ejercicios realizado sobre las capacidades funcionales y balance de un grupo de adultos mayores independientes, sedentarios que viven en la comunidad. *Salud Uninorte*. 2011;27(2).
26. Vicente JM, Rodríguez HM, Montesinos JLG, Gallardo PR, Camerino AA. Medición del grado de aptitud física en adultos mayores. *Atención primaria*. 2007;39(10):565-8.
27. Júnior RS, Leite T, Reis VM. Influence of the Number of Sets at a Strength Training in the Flexibility Gains. *Journal of human kinetics*. 2011;29(Special Issue):47-52.
28. Matos-Duarte M, Martínez-de-Haro V, Sanz-Arribas I, Andrade A, Chagas M. Estudio longitudinal de la flexibilidad funcional en mayores físicamente activos. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física del Deporte*. 2017.
29. Stanziano DC, Roos BA, Perry AC, Lai S, Signorile JF. The effects of an active-assisted stretching program on functional performance in elderly persons: A pilot study. *Clinical Interventions in aging*. 2009;4(1):115-20.
30. Landinez Parra NS, Contreras Valencia K, Castro Villamil Á. Proceso de envejecimiento, ejercicio y fisioterapia. *Revista Cubana de Salud Pública*. 2012;38(4):562-80.



31. Navarro IM. Efectos de un programa de entrenamiento funcional sobre la variabilidad de la frecuencia cardíaca, la función ejecutiva y la capacidad condicional en adultos mayores: Universitat de València, Facultat de Ciències de l'Activitat Física i de l'Esport; 2014.



---

# Capítulo V

## Conclusiones

---



## 5.1. Conclusiones

A continuación, se enumeran las conclusiones del estudio en respuesta a sus principales objetivos:

1. Tras 8 meses de entrenamiento, el programa EFAM-UV© produce mejoras en el ROM, la flexibilidad, la fuerza en EEII y en el equilibrio dinámico.

2. La amplitud articular mejora en las articulaciones del hombro, cadera, rodilla y tobillo. Los movimientos beneficiados son la rotación externa e interna del hombro, extensión de cadera, flexión de rodilla y la flexión plantar y dorsal de tobillo.

3. Las mejoras en fuerza muscular se constata sobre la musculatura extensora de las EEII y de la espalda.

4. El equilibrio dinámico mejora al trabajar la musculatura estática y dinámica durante el programa.

5. La flexibilidad se incrementa a nivel de la musculatura de la cadena posterior de las EEII.

6. Los meses de descanso conllevan pérdidas en la flexión plantar de los dos tobillos y flexión dorsal del tobillo izquierdo.

7. Se consiguen ganancias tras los meses de descanso, sobre los movimientos de rotación de hombro, flexión de rodilla y sobre la flexión dorsal del tobillo izquierdo.

8. La flexibilidad de la EEII, así como la fuerza de la musculatura extensora de la espalda se ve favorecida tras tres meses del cese del programa.

9. Después de un año de entrenamiento sobre el rango articular, existen mejoras en las rotaciones del hombro, la flexión de rodilla y la flexión dorsal del tobillo perdiéndose amplitud de movimiento en la extensión de la cadera y la flexión plantar del tobillo.

## Capítulo VI

10. Tanto la fuerza muscular de espalda y EEII, como la flexibilidad y el equilibrio mejoran a lo largo de un año de entrenamiento.

---

# Capítulo VI

## Anexos

---

ANEXO I. COMITÉ ÉTICO

D. Fernando A. Verdú Pascual, Profesor Titular de Medicina Legal y Forense, y Secretario del Comité Ético de Investigación en Humanos de la Comisión de Ética en Investigación Experimental de la Universitat de València,

CERTIFICA:

Que el Comité Ético de Investigación en Humanos, en la reunión celebrada el día 15 de abril de 2013, una vez estudiado el proyecto de investigación titulado:

*“Efectos de un programa de entrenamiento funcional sobre la mejora en la capacidad funcional, la calidad de vida y el patrón de actividad física diaria de los adultos mayores”, número de procedimiento HI363126067752,*

cuya investigadora principal es Dña. Cristina Blasco Lafarga, ha acordado informar favorablemente el mismo dado que se respetan los principios fundamentales establecidos en la Declaración de Helsinki, en el Convenio del Consejo de Europa relativo a los derechos humanos y cumple los requisitos establecidos en la legislación española en el ámbito de la investigación biomédica, la protección de datos de carácter personal y la bioética.

Y para que conste, se firma el presente certificado en Valencia, a veintitrés de abril de dos mil trece.



Fernando Verdu Pascual  
Certifico la precisión e  
integridad de este documento  
2013.04.23 20:06:58 +02'00'



**ANEXO II. CONSENTIMIENTO INFORMADO**

Departamento de Educación Física y Deportiva  
Unidad de Investigación en Rendimiento Físico y Deportivo (UIRFIDE)

**HOJA DE CONSENTIMIENTO**

125

**PROYECTO DE ACTIVIDAD FÍSICA SALUDABLE EN ADULTOS MAYORES**

Don/ Doña: \_\_\_\_\_,

con DNI: \_\_\_\_\_ ; nacido el \_\_\_\_\_

Por el presente documento expreso mi consentimiento voluntario para participar en el proyecto de Actividad Física Saludable en Adultos Mayores promovido por el Departamento de Educación Física y Deportiva de la Universidad de Valencia.

Previamente a mi firma se me ha informado sobre las características y exigencias del mencionado programa; de los ejercicios que van a realizarse y de los datos que van a recogerse, antes, durante y con posterioridad al mismo.

Por todo ello, firmo mi consentimiento para participar en este proyecto, al tiempo que cedo mis datos y resultados para que puedan ser usados y difundidos, siempre de forma anónima, en publicaciones de carácter científico.

Y para que así conste, firmo la presente en \_\_\_\_\_,

a \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2013.

ANEXO III. CONSENTIMIENTO CESIÓN DERECHOS IMAGEN



Departamento de Educación Física y Deportiva  
Unidad de Investigación en Rendimiento Físico y Deportivo (UIRFIDE)

HOJA DE CONSENTIMIENTO PARA LA CESIÓN DE DERECHOS DE IMAGEN  
PROYECTO DE ACTIVIDAD FÍSICA SALUDABLE EN ADULTOS MAYORES

Don/ Doña: \_\_\_\_\_  
con DNI: \_\_\_\_\_

Por el presente documento cedo voluntariamente mis derechos de imagen sobre aquellas fotos y videos que puedan tomarse en el marco del proyecto Repercusiones de un programa de Entrenamiento funcional cognitivo-motriz sobre la función ejecutiva, la capacidad funcional y la calidad de vida de los Adultos Mayores promovido por el Departamento de Educación Física y Deportiva de la Universidad de Valencia y el grupo GIEFAM durante los cursos 2013-2015. La utilización de los mismos se hará siempre de forma anónima, sin hacer constar el nombre de las personas que aparezcan, y en publicaciones únicamente de carácter científico o divulgativo.

Y para que así conste, firmo la presente en \_\_\_\_\_,

a \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 201\_\_.

Fdo.:

## ANEXO IV.TABLAS DE REGISTRO

**ROM | GRUPO y DÍA DE EVALUACIÓN:**

NOMBRE	FLX Hd-i	ABD Hd-i	EXT Hd-i	ROTH extd-i	ROTHIN Td-i	FLX Cd-i	FLX Rd-i	FLEX Pd-i	FLX Dd-i	EXT Cd-i







NOMBRE	EDAD	ALTURA	PESO	%GRASA	%AGUA	GRASA VISCERAL /cintura	MASA MUSC.	BONE MASS

ANEXO IV

**1. Paso sobre y por encima de un escalón de 15 cm de alto (step).**

- 0. Incapaz de subir al escalón sin perder el equilibrio o necesitar ayuda manual
- 1. Capaz de subir al escalón con la pierna de ataque, pero la pierna de paso toca el escalón o lo rodea durante la fase de balanceo en ambas direcciones
- 2. Capaz de subir al escalón con la pierna de ataque, pero la pierna de paso toca el escalón o lo rodea durante la fase de balanceo en una dirección
- 3. Capaz de completar correctamente la acción de subir y bajar del escalón en ambas direcciones, pero con estrecha supervisión en una o ambas direcciones
- 4. Capaz de completar correctamente la acción de subir y bajar del escalón del escalón en ambas direcciones con seguridad y sin ayuda

**2. Caminar con los pies en tándem.**

- 0. Incapaz de dar 10 pasos sin ayuda
- 1. Capaz de dar 10 pasos, pero realizando más de 5 interrupciones
- 2. Capaz de dar 10 pasos realizando 5 o menos interrupciones
- 3. Capaz de dar 10 pasos realizando 2 o menos interrupciones
- 4. Capaz de dar 10 pasos sin ayuda y sin interrupciones

**3. Monopedestación.**

- 0. Incapaz de intentarlo o requiere ayuda para no caerse
- 1. Capaz de levantar la pierna sin ayuda pero incapaz de mantener la posición más de 5 segundos
- 2. Capaz de levantar la pierna sin ayuda y mantener la posición más de 5 pero menos de 12 seg.
- 3. Capaz de levantar la pierna sin ayuda y mantener la posición más de 12 pero menos de 20 seg.
- 4. Capaz de levantar la pierna sin ayuda y mantener la posición más de 20 segundos

**4. Bipedestación sobre foam con los ojos cerrados.**

- 0. Incapaz de subir al foam y mantenerse de pie con los ojos abiertos sin ayuda
- 1. Capaz de subir al foam y mantenerse de pie con los ojos abiertos sin ayuda, pero incapaz o no dispuesto a hacerlos con los ojos cerrados
- 2. Capaz de subir al foam y mantenerse de pie con los ojos cerrados y sin ayuda, pero incapaz de mantener la posición más de 10 segundos
- 3. Capaz de subir al foam y mantenerse de pie con los ojos cerrados y sin ayuda, y mantener la posición más de 10 pero menos de 20 segundos
- 4. Capaz de subir al foam y mantenerse de pie con los ojos cerrados y sin ayuda, y mantener la posición más de 20 segundos





ANEXO V. PRUEBAS DE NORMALIDAD

Tests of Normality

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
FlxHd_Ev1	,159	21	,175	,896	21	,029
FlxHd_Ev2	,182	21	,069	,894	21	,027
FlxHd_Ev3	,241	21	,002	,747	21	,000
ExtHd_Ev1	,235	21	,004	,877	21	,013
ExtHd_Ev2	,106	21	,200 <sup>†</sup>	,974	21	,820
AbdHd_Ev1	,209	21	,017	,823	21	,001
AbdHd_Ev2	,287	21	,000	,820	21	,001
AbdHd_Ev3	,236	21	,003	,811	21	,001
RextHd_Ev1	,248	21	,002	,784	21	,000
RextHd_Ev2	,181	21	,071	,927	21	,123
RextHd_Ev3	,194	21	,038	,942	21	,241
RintHD_Ev1	,103	21	,200 <sup>†</sup>	,984	21	,967
RintHd_Ev2	,134	21	,200 <sup>†</sup>	,956	21	,432
RintHd_Ev3	,108	21	,200 <sup>†</sup>	,957	21	,454
FlxCOd_Ev1	,164	21	,143	,916	21	,072
FlxCOd_Ev2	,289	21	,000	,840	21	,003
FlxCOd_Ev3	,138	21	,200 <sup>†</sup>	,930	21	,140
FlxHi_Ev1	,189	21	,049	,720	21	,000
FlxHi_Ev2	,119	21	,200 <sup>†</sup>	,967	21	,676
FlxHi_Ev3	,162	21	,153	,870	21	,009
ExtHi_Ev1	,137	21	,200 <sup>†</sup>	,955	21	,415
ExtHi_Ev2	,160	21	,166	,946	21	,281
AbdHi_Ev1	,234	21	,004	,881	21	,015
AbdHi_Ev2	,177	21	,086	,846	21	,004
AbdHi_Ev3	,147	21	,200 <sup>†</sup>	,860	21	,006
RextHi_Ev1	,321	21	,000	,793	21	,001
RextHi_Ev2	,264	21	,001	,832	21	,002
RextHi_Ev3	,170	21	,115	,910	21	,056
RintHi_Ev1	,144	21	,200 <sup>†</sup>	,966	21	,645
RintHi_Ev2	,098	21	,200 <sup>†</sup>	,968	21	,694
RintHi_Ev3	,109	21	,200 <sup>†</sup>	,943	21	,245
FlxCOi_Ev1	,156	21	,200	,947	21	,299
FlxCOi_Ev2	,110	21	,200 <sup>†</sup>	,963	21	,589
FlxCOi_Ev3	,103	21	,200 <sup>†</sup>	,972	21	,778
FlxCd_Ev1	,122	21	,200 <sup>†</sup>	,959	21	,497
FLXCd_Ev2	,142	21	,200 <sup>†</sup>	,964	21	,610
FlxCd_Ev3	,143	21	,200 <sup>†</sup>	,916	21	,072
ExtCd_Ev1	,159	21	,179	,942	21	,242
EXTCd_Ev2	,176	21	,090	,931	21	,142

ExtCd_Ev3	,177	21	,083	,925	21	<b>,108</b>
FlxRd_Ev1	,182	21	,069	,957	21	<b>,452</b>
FLXRd_Ev2	,158	21	,183	,932	21	<b>,154</b>
FlxRd_Ev3	,113	21	,200 <sup>+</sup>	,978	21	<b>,888</b>
FlxPd_Ev1	,121	21	,200 <sup>+</sup>	,987	21	<b>,988</b>
FLXPd_Ev2	,203	21	,024	,938	21	<b>,199</b>
FlxPd_Ev3	,161	21	,163	,956	21	<b>,446</b>
FlxDd_Ev1	,182	21	,069	,938	21	<b>,202</b>
FLXDd_Ev2	,414	21	,000	,411	21	,000
FlxDd_Ev3	,148	21	,200 <sup>+</sup>	,949	21	<b>,325</b>
FlxCi_Ev1	,172	21	,106	,938	21	<b>,200</b>
FLXCi_Ev2	,116	21	,200 <sup>+</sup>	,973	21	<b>,806</b>
FlxCi_Ev3	,179	21	,076	,755	21	,000
ExtCi_Ev1	,122	21	,200 <sup>+</sup>	,946	21	<b>,287</b>
EXTCi_Ev2	,106	21	,200 <sup>+</sup>	,968	21	<b>,695</b>
ExtCi_Ev3	,212	21	,015	,880	21	,015
FlxRi_Ev1	,221	21	,009	,874	21	,011
FLXRi_Ev2	,150	21	,200 <sup>+</sup>	,946	21	<b>,279</b>
FlxRi_Ev3	,129	21	,200 <sup>+</sup>	,955	21	<b>,424</b>
FlxPi_Ev1	,147	21	,200 <sup>+</sup>	,908	21	<b>,051</b>
FLXPi_Ev2	,160	21	,169	,937	21	<b>,194</b>
FlxPi_Ev3	,276	21	,000	,834	21	,002
FlxDi_Ev1	,296	21	,000	,702	21	,000
FLXDi_Ev2	,093	21	,200 <sup>+</sup>	,973	21	<b>,806</b>
FlxDi_Ev3	,182	21	,068	,943	21	<b>,253</b>
Back_Ev1	,165	21	,138	,840	21	,003
Back_Ev2	,227	21	,006	,841	21	,003
Back_Ev3	,229	21	,005	,876	21	,012
Leg_Ev1	,171	21	,111	,846	21	,004
Leg_Ev2	,239	21	,003	,824	21	,002
Leg_Ev3	,201	21	,026	,884	21	,017
Hgd_Ev1	,112	21	,200 <sup>+</sup>	,970	21	<b>,726</b>
Hgd_Ev2	,096	21	,200 <sup>+</sup>	,961	21	<b>,537</b>
Hgd_Ev3	,148	21	,200 <sup>+</sup>	,931	21	<b>,146</b>
Hgl_Ev1	,105	21	,200 <sup>+</sup>	,961	21	<b>,529</b>
Hgl_Ev2	,118	21	,200 <sup>+</sup>	,965	21	<b>,614</b>
Hgl_Ev3	,148	21	,200 <sup>+</sup>	,931	21	<b>,146</b>
SitD_Ev1	,109	21	,200 <sup>+</sup>	,956	21	<b>,446</b>
SitD_Ev2	,221	21	,009	,922	21	<b>,097</b>
SitD_Ev3	,216	21	,012	,936	21	<b>,184</b>
SitI_Ev1	,108	21	,200 <sup>+</sup>	,980	21	<b>,927</b>
SitI_Ev2	,190	21	,046	,944	21	<b>,262</b>
SitI_Ev3	,209	21	,017	,939	21	<b>,211</b>

## Capítulo VI

BscratD_Ev1	,143	21	,200*	,960	21	<b>,513</b>
BscratD_Ev2	,116	21	,200*	,959	21	<b>,501</b>
BscratD_Ev3	,121	21	,200*	,952	21	<b>,368</b>
BscratI_Ev1	,202	21	,026	,919	21	<b>,082</b>
BscratI_Ev2	,106	21	,200*	,960	21	<b>,516</b>
BscratI_Ev3	,184	21	,062	,950	21	<b>,337</b>
C90_AB_Ev1	,215	21	,012	,687	21	,000
C90_AB_Ev2	,088	21	,200*	,962	21	<b>,567</b>
C90_AB_Ev3	,185	21	,060	,945	21	<b>,273</b>
C90_CE_Ev1	,326	21	,000	,462	21	,000
C90_CE_Ev2	,238	21	,003	,634	21	,000
C90_CE_Ev3	,236	21	,003	,875	21	,012
LONTRA_AB_Ev1	,130	21	,200*	,938	21	<b>,201</b>
LONTRA_AB_Ev2	,161	21	,161	,899	21	,034
LONTRA_AB_Ev3	,110	21	,200*	,951	21	<b>,356</b>
LONTRA_CE_Ev1	,166	21	,136	,858	21	,006
LONTRA_CE_Ev2	,188	21	,050	,891	21	,023
LONTRA_CE_Ev3	,196	21	,035	,841	21	,003

\*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

**ANEXO VI. TRATAMIENTO ESTADÍSTICO DE LAS VARIABLES**

Variables	Pruebas Paramétricas ANOVA	Valorar				Pruebas NO Paramétricas FRIEDMAN	Pruebas NO Paramétricas WILCOXSON	Valorar		
		Pruebas Paramétricas t-student	EFAM Ev1, Ev2	Seguimiento o 3 m Ev2, Ev3	Efecto sobre involución Ev1, Ev3			EFAM Ev1, Ev2	Seguimiento 3 m Ev2, Ev3	Efecto sobre involución Ev1, Ev3
FlxHd						Ev1, Ev2, Ev3	Ev1, Ev2 Ev2, Ev3 Ev1, Ev3	v	v	v
FlxHi						Ev1, Ev2, Ev3	Ev1, Ev2 Ev2, Ev3 Ev1, Ev3	v	v	v
ExtHd						Ev1, Ev2		v	NO	NO
ExtHi		Ev1, Ev2	v			Ev1, Ev2				
AbdHd						Ev1, Ev2, Ev3	Ev1, Ev2 Ev2, Ev3 Ev1, Ev3	v	v	
AbdHi						Ev1, Ev2, Ev3	Ev1, Ev2 Ev2, Ev3 Ev1, Ev3	v	v	

Variables	Pruebas Paramétricas ANOVA	Valorar				Pruebas NO Paramétricas FRIEDMAN	Pruebas NO Paramétricas WILCOXSON	Valorar		
		Pruebas Paramétricas t-student	EFAM Ev1, Ev2	Seguimiento o 3 m Ev2, Ev3	Efecto sobre involución Ev1, Ev3			EFAM Ev1, Ev2	Seguimiento 3 m Ev2, Ev3	Efecto sobre involución Ev1, Ev3
RextHd		Ev2, Ev3		v			Ev1, Ev2 Ev1, Ev3	v		v
RextHi						Ev1, Ev2, Ev3	Ev1, Ev2 Ev2, Ev3 Ev1, Ev3	v	v	v
RintHd	Ev1, Ev2, Ev3		v	v						
FlxCOd	Ev1, Ev3*					Ev1, Ev2, Ev3		v	v	
RintHi	Ev1, Ev2, Ev3		v	v						
FlxCOi	Ev1, Ev2, Ev3		v	v						
FlxCd	Ev1, Ev2, Ev3		v	v						

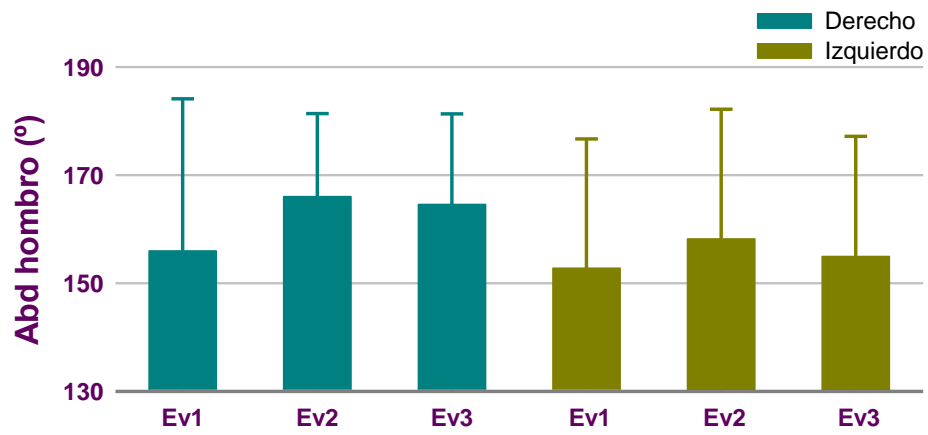
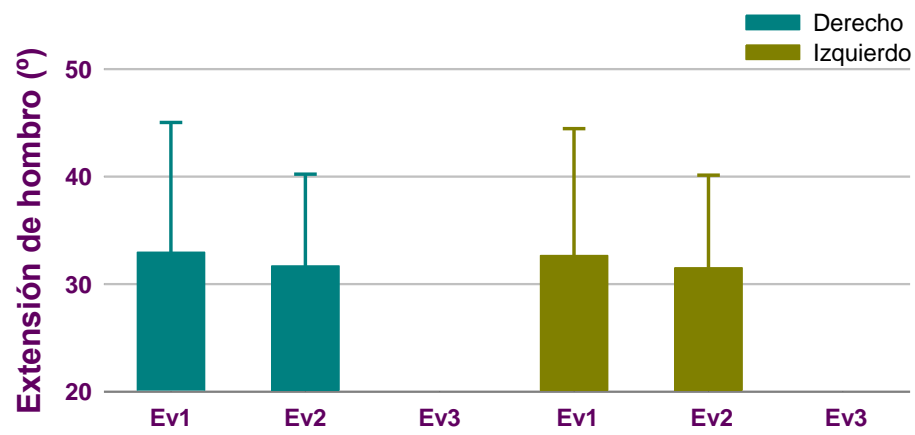
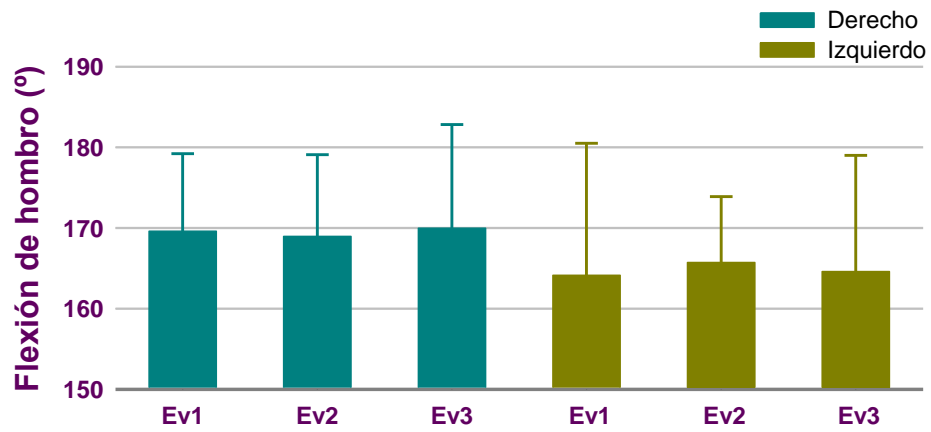
Variables	Pruebas Paramétricas ANOVA	Valorar				Pruebas NO Paramétricas FRIEDMAN	Pruebas NO Paramétricas WILCOXSON	Valorar		
		Pruebas Paramétricas t-student	EFAM Ev1, Ev2	Seguimiento o 3 m Ev2, Ev3	Efecto sobre involución Ev1, Ev3			EFAM Ev1, Ev2	Seguimiento 3 m Ev2, Ev3	Efecto sobre involución Ev1, Ev3
ExtCd	Ev1, Ev2, Ev3		v	v						
FlxRd	Ev1, Ev2, Ev3		v	v						
FlxPd	Ev1, Ev2, Ev3		v	v						
FlxDd	Ev1, Ev3*					Ev1, Ev2, Ev3		v	v	
FlxCi	Ev1, Ev2		2 Variables			Ev2, Ev3			v	
ExtCi	Ev1, Ev2		2 Variables			Ev2, Ev3			v	
FlxRi	Ev2, Ev3			2 Variables		Ev1, Ev2		v		

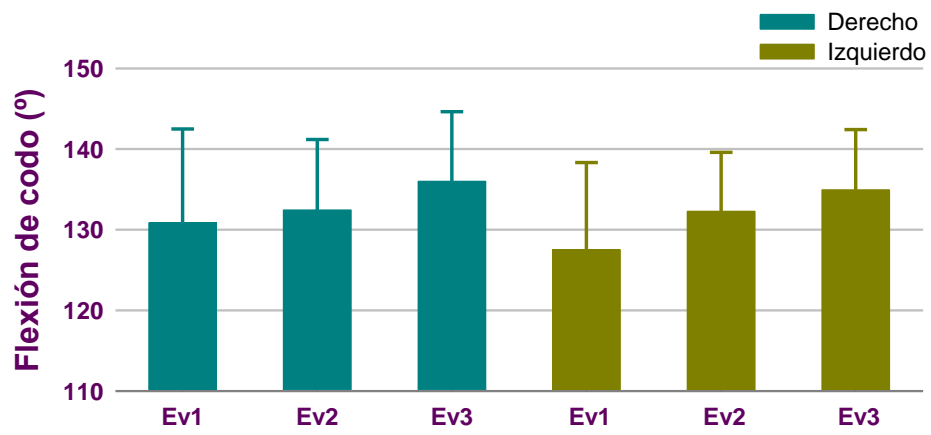
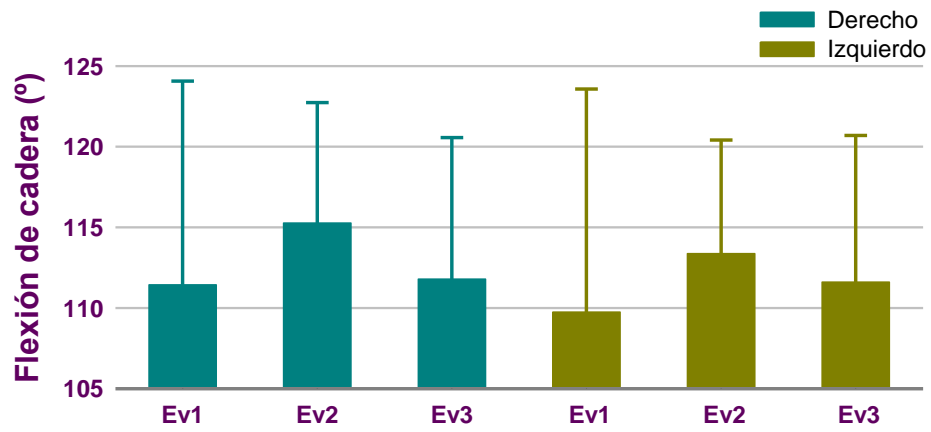
Variables	Pruebas Paramétricas ANOVA	Valorar				Pruebas NO Paramétricas FRIEDMAN	Pruebas NO Paramétricas WILCOXSON	Valorar		
		Pruebas Paramétricas t-student	EFAM Ev1, Ev2	Seguimiento o 3 m Ev2, Ev3	Efecto sobre involución Ev1, Ev3			EFAM Ev1, Ev2	Seguimiento 3 m Ev2, Ev3	Efecto sobre involución Ev1, Ev3
FlxPi	Ev1, Ev2		2 Variables			Ev2, Ev3		v		
FlxDi	Ev2, Ev3			2 Variables		Ev1, Ev2 / Ev2, Ev3	v	v*		
HgD	Ev1, Ev2, Ev3		v	v						
HgI	Ev1, Ev2, Ev3		v	v						
Back						Ev1, Ev2, Ev3	v	v		
Leg						Ev1, Ev2, Ev3	v	v		
SitD	Ev1, Ev2, Ev3		v	v						



Variables	Pruebas Paramétricas ANOVA	Valorar				Pruebas NO Paramétricas FRIEDMAN	Pruebas NO Paramétricas WILCOXSON	Valorar		
		Pruebas Paramétricas t-student	EFAM Ev1, Ev2	Seguimiento o 3 m Ev2, Ev3	Efecto sobre involución Ev1, Ev3			EFAM Ev1, Ev2	Seguimiento 3 m Ev2, Ev3	Efecto sobre involución Ev1, Ev3
Sitl	Ev1, Ev2, Ev3		v	v						
BscratD	Ev1, Ev2, Ev3		v	v						
Bscratl	Ev1, Ev2, Ev3		v	v						
Fullerton						Ev1, Ev2, Ev3	Ev1, Ev2 Ev2, Ev3 Ev1, Ev3	v	v	v

## ANEXO VII. RESULTADOS NO SIGNIFICATIVOS





ANEXO VIII. MEDIDAS TOTALES

