



UCAM

UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE MURCIA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA ACTIVIDAD FÍSICA
Y DEL DEPORTE

Departamento de Ciencias de la Actividad Física
y del Deporte

**Efectos de una prescripción del entrenamiento con
sobrecargas sobre la composición corporal, la
producción de fuerza, la autonomía funcional y el
VO₂ máx. en adultos mayores de 65 años**

Autor:

D. Francisco Javier Orquín Castrillón

Directores:

Dr. D. Pablo Jorge Marcos Pardo

Dr. D. Gonzalo Wandosell Fernández de Bobadilla

Dr. D Estélio Henrique Martín Dantas

Murcia, 12 de Junio de 2014



UCAM

UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE MURCIA

**AUTORIZACIÓN DEL DIRECTOR DE LA TESIS
PARA SU PRESENTACIÓN**

El Dr. D. Pablo Jorge Marcos Pardo, el Dr. D. Gonzalo Wandosell Fernández de Boadilla y el Dr. D. Estélio Enrique Martín Dantas como Directores⁽¹⁾ de la Tesis Doctoral titulada "Efectos de una prescripción de entrenamiento con sobrecargas sobre la composición corporal, la producción de fuerza, la autonomía funcional y el VO₂ máx. en adultos mayores de 65 años." realizada por D. Francisco Javier Orquín Castrillón en el Departamento de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte, **autorizan su presentación a trámite** dado que reúne las condiciones necesarias para su defensa.

Lo que firmo, para dar cumplimiento a los Reales Decretos 56/2005 y 778/98, en Murcia a 5 de Mayo de 2014.

Dr. D. Pablo Jorge Marcos Pardo

Dr. D. Gonzalo Wandosell Fernández de Boadilla

Dr. D. Estélio Enrique Martín Dantas

I. AGRADECIMIENTOS

Son muchas las personas a las que les debo que esta tesis se haya llevado a cabo. Empezaré con aquellos que tengo más lejos en el espacio pero que los llevo en lo más profundo de mi corazón. Estaré eternamente agradecido a:

A mi madre M^a Teresa, a quien le debo todo, desde mi educación hasta mi propia vida. Porque nunca te has rendido mamá. Nunca has dejado de luchar por tus hijos, y con la ayuda de Dios, lo has dado todo por la educación de mis hermanos y la mía. Sin duda un ejemplo de constancia y amor por los demás, al que me gustaría parecerme algún día. ¡Te quiero mamá!

A mis hermanos Pascual y Ricardo, que aunque no los vea con la continuidad que deseara, recibo su constante apoyo, fortaleza y cariño que hacen que la distancia que nos separa, apenas se note. Me gustaría poder estar más tiempo con vosotros y mis sobrinos Ricky, Pascui y Libe.

A mía tía Belén, quien no solo me anima, sino que hace de segunda madre y ejerce de buena consejera. Gracias por estar siempre ahí, junto con tu hermana apoyando y dando cariño.

Por otro lado no podría haber llegado hasta aquí si no fuera por la labor, paciencia, apoyo, amistad y cariño de una persona increíble. Desde que llegó a la Universidad Católica San Antonio de Murcia no dudó en acogerme bajo su tutela. De ti he aprendido que no existen problemas lo suficientemente grandes en esta vida como para perder la sonrisa. Ni adversidades, ni envidias nos pueden desorientar de nuestro objetivo, nuestra pasión, nuestra forma de entender la enseñanza universitaria, esa forma de enseñar que antepone a los alumnos y su formación ante todo lo demás. Gracias Pablo Jorge Marcos Pardo, director de la presente tesis, compañero de fatigas, amigo y hermano.

A mi querido Gonzalo Wandosell Fernández de Bobadilla, al que solo puedo decir gracias, gracias y mil veces gracias. Por abrirme tu corazón y el de tu familia: Paty, María y Alex. Porque siendo tan grande, acogiste al más pequeño. Gracias por tu apoyo continuo, tu humor, tu sonrisa y tu aliento en los momentos más difíciles y por enseñarme con tu ejemplo, que el esfuerzo y la dedicación tienen su recompensa.

Gracias a la dirección de la facultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte, con el Dr. Antonio Sánchez Pato a la cabeza. Por la confianza depositada en mí para poder ejercer como docente en esta extraordinaria Universidad.

También agradecer todo el apoyo recibido por mi querido amigo Pablo Rosique, a quien admiro. Gracias por tu amistad, tu apoyo incondicional y tu aliento en los momentos frágiles. Aquí, tu “mini yo”, te está eternamente agradecido.

Al Centro de Alto Rendimiento Infanta Cristina y a su Director Don Antonio Peñalver, que junto con la Concejalía de Deportes del Ayuntamiento de Los Alcázares me han permitido desarrollar esta investigación en sus instalaciones ofreciéndome todas las comodidades posibles.

Gracias a todos mis compañeros docentes que hacen de la Facultad un lugar maravilloso para trabajar. En especial a mis queridos compañeros y amigos de GISAFFCOM, Gemma, Alberto y Rúper, por tener la suerte de trabajar con grandes profesionales y mejores personas.

Gracias a mis amigos del “pasillo 1” Albertola, Paquillo, Tosqui, Fer y a esos que pertenecieron a este “elitista” grupo, Poli y Franchu. Nuestros cafés sirven para cambiar el mundo (por lo menos el que nos rodea), compartir una filosofía de vida, apoyarnos los unos en los otros y sobre todo para salir con una sonrisa ante cualquier problema. Gracias “pasillo” sois los mejores.

Tengo que dar las gracias sin duda a mis alumnos, tanto a los actuales como a los que lo fueron anteriormente. Ellos son el motivo de mi trabajo, los que me

ilusionan y motivan para seguir aprendiendo, los que hacen que trabajar 12 horas diarias tenga sentido. Sois mi devoción y mi vocación.

No puedo olvidarme de gente tan importante para mí como Eduardo, Pili, Quique, quienes siempre me han dado fuerzas, apoyo y consejo. A quienes les debo mi formación y parte de mi filosofía de vida. Gracias por estar ahí, aunque no nos veamos tanto.

Al Rugby murciano al que le debo mi pasión por el deporte y mis grandes amigos de esta preciosa tierra. Gracias al rugby hoy tengo a mi alrededor a grandísimas personas que me ayudan a afrontar la vida con alegría e ilusión.

Y por último, quiero darte las gracias a ti "Cielo", porque eres mi apoyo diario, porque estar a tu lado me hace ver el mundo de una forma maravillosa, porque tú eres la naranja con la que quiero compartir mi vida y pasar los siguientes 100 años a tu lado. Gracias por tu paciencia, por tu amor incondicional, por cuidarme, por dejarme ser tu "bastón robusto" donde apoyarnos para afrontar la vida. Espero y deseo que podamos envejecer juntos Diana.

II CITA

Es para mí un honor
un placer, y una alegría
compartir con ilusión
este curso que me unió
con tan grata compañía.

Es muy grato comprobar
que en este mundo egoísta
alguien quiera mejorar,
y más de forma altruista,
nuestra salud y bienestar.

Es difícil de encontrar
que un joven use su ciencia
con los mayores de edad
con cariño y con paciencia
en su tesis doctoral.

Las gracias queremos dar
por el inmenso favor
que ha hecho a este colectivo
por lo que hemos compartido
le damos gracias a Dios.

Aunque te vayas muy lejos
tu recuerdo quedará
en el CAR de los Narejos
entre los pinos y el mar.

Encarna García

III. RESUMEN

Introducción: El proceso de envejecimiento se asocia con un declive de las diferentes capacidades físicas y la calidad de vida. Esto puede ser debido a una pérdida de la cantidad de masa muscular (sarcopenia), la pérdida de masa ósea (osteopenia) y la pérdida de la capacidad aeróbica, que entre otros factores, se ve agravado por la falta de actividad física y ejercicio físico que ocurre con el paso de la edad.

Los programas de entrenamiento basados en la mejora de la masa muscular y la fuerza tendrán un efecto positivo en la autonomía funcional del adulto mayor procurando una mejora de la calidad de vida. Este tipo de programas de entrenamiento para la fuerza y la masa muscular en personas mayores se convierte en una forma de prevenir la decadencia física asociada al incremento de la edad.

Objetivo: El objetivo de este estudio fue conocer los efectos de un programa de entrenamiento con sobrecargas sobre la composición corporal, la fuerza, la autonomía funcional y el consumo de oxígeno de un grupo de adultos mayores.

Método: La muestra estuvo compuesta por 47 sujetos (65-75 años) que fueron divididos, aleatoriamente, en dos grupos. Un grupo control (GC) compuesto por 20 sujetos (9 hombres y 11 mujeres) y un grupo experimental compuesto de 27 sujetos (10 hombres y 17 mujeres). Se informó a todos los sujetos de estudio sobre las condiciones de la investigación, así como de los beneficios y riesgos inherentes al programa de entrenamiento. La estructura de la investigación constó de una valoración inicial, un programa de familiarización con el entrenamiento con sobrecargas, un pre test, un programa de entrenamiento de 8 semanas de duración y un post-test manteniendo las mismas pruebas y protocolos que en el pre-test. Se realizaron mediciones de la composición corporal (mediante impedancia bioeléctrica doble), test de RM de los ejercicios de musculación, el protocolo GLDAM para la autonomía del adulto mayor y un test de la milla para conocer el VO₂max. Los datos fueron analizados mediante el programa estadístico Predictive Analytics Software. Se empleó el análisis de varianza con medidas repetidas en los factores grupos (GE y GC) y tiempo (pre y pos-test), así como también se calculó la potencia estadística.

Resultados: Los resultados mostraron una disminución significativa del tejido graso comprendida entre el 3,86 y un 5,04% y un incremento de la masa libre de grasa entre un 2,22 y un 3,16%. Los test de RM obtuvieron un incremento muy significativos en todos los ejercicios, siendo de media del $50,37 \pm 29,7\%$ para los hombres y del $63,07 \pm 47,95\%$ para las mujeres. También se dio una mejora en los test de autonomía funcional donde se observó una disminución de los tiempos invertidos en las tareas de la vida cotidiana del $24,25 \pm 5,3\%$. Respecto al VO2 max, solo el grupo de mujeres obtuvo mejoras significativas ($p < 0,05$) no obteniendo cambios para el grupo de hombres.

Conclusión: Los programas de entrenamiento con sobrecargas son fundamentales para que el adulto mayor pueda mejorar su autonomía funcional, mantenga su independencia física, mejore su estado de salud y por ende goce de una buena calidad de vida.

IV. ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN	17
1.1 ENVEJECIMIENTO DE LA POBLACIÓN.....	19
1.2 ENVEJECIMIENTO Y GASTO SANITARIO.....	26
CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO	29
2.1 AUTONOMÍA FUNCIONAL EN PERSONAS MAYORES.....	31
2.2 EL ENVEJECIMIENTO Y SUS EFECTOS EN EL ORGANISMO.....	35
2.3 BENEFICIOS DEL ENTRENAMIENTO CON SOBRECARGAS EN EL ADULTO MAYOR.....	38
CAPÍTULO 3: OBJETIVOS E HIPÓTESIS	51
3.1 OBJETIVOS.....	53
3.2 HIPÓTESIS.....	53
CAPÍTULO 4: MATERIAL Y MÉTODO	55
4.1 DISEÑO.....	57
4.2 MUESTRA.....	57
4.2.1 Criterios de Inclusión.....	58
4.2.2 Criterios de Exclusión.....	58
4.3 VARIABLES DE INVESTIGACIÓN.....	58
4.3.1 Variable Independiente.....	58
4.3.2 Variables Dependientes.....	59
4.4 PROTOCOLO DE VALORACIÓN.....	59
4.5 INSTRUMENTOS.....	60
4.5.1 Evaluación Antropométrica.....	60
4.5.2 Evaluación de la Fuerza.....	62
4.5.3 Evaluación de la Autonomía Funcional.....	65
4.6 PROCEDIMIENTO.....	72
4.6.1 Evaluación Inicial.....	72
4.6.2 Programa de Entrenamiento.....	72
4.6.2.1 <i>Intensidad</i>	73
4.6.2.2 <i>Volumen</i>	73

4.6.2.3 <i>Frecuencia</i>	74
4.6.2.4 <i>Selección de los ejercicios</i>	74
4.6.3 Programa de Adaptación con Sobrecargas.....	77
4.6.4 Programa de Entrenamiento con Sobrecargas.....	78
4.6.4.1 Calentamiento.....	78
4.6.4.2 Parte Principal.....	79
4.6.4.3 Vuelta a la calma.....	80
4.6.5 Valoración Final.....	80
4.6.6 Análisis Estadístico.....	81
CAPÍTULO 5 RESULTADOS	83
CAPÍTULO 6 DISCUSIÓN	85
6.1 ADAPTACIONES SOBRE LA COMPOSICIÓN CORPORAL.....	103
6.1.1 Adaptaciones sobre el Tejido Graso.....	103
6.1.2 Adaptaciones sobre la Masa Muscular.....	106
6.2 ADAPTACIONES EN LA PRODUCCIÓN DE FUERZA.....	109
6.3 ADAPTACIONES EN LA AUTONOMÍA FUNCIONAL.....	115
6.4 ADAPTACIONES EN EL CONSUMO MÁXIMO DE OXÍGENO.....	119
CAPÍTULO 7 CONCLUSIONES	121
CAPÍTULO 8 PRINCIPALES LIMITACIONES	125
CAPÍTULO 9 FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN	129
CAPÍTULO 10 BIBLIOGRAFÍA	133
CAPÍTULO 11 ANEXOS	149
11.1 ANEXO I: CONSETIMIENTO INFORMADO.....	151
11.2 ANEXO II: PAR-Q.....	152
11.3 ANEXO III: CUESTIONARIO INTERNACIONAL DE ACTIVIDAD FÍSICA	153
11.4 ANEXO IV: COMITÉ DE ÉTICA.....	162

V. ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Población absoluta y mayor de 65 años en el 2011 (INE, 2012)..	19
Tabla 2: Evolución de la población mayor de 65 años (INE, 2012).....	19
Tabla 3: Población adulta mayor ≥ 65 años en España y predicción para el año 2021 (INE, 2013).....	20
Tabla 4: Evolución de la población mayor de 65 años en España 2002-2013 (INE, 2013).....	21
Tabla 5: Evolución de la población general y adulta mayor de 65 años en España y Región de Murcia años 2005 – 2013 (INE, 2013).....	23
Tabla 6: Efectos del entrenamiento con sobrecargas sobre la fuerza, la composición corporal y el consumo máximo de oxígeno en adultos mayores.....	42
Tabla 7: Características de la muestra de estudio.....	60
Tabla 8: Fórmula estimación VO_2 máx. mediante la prueba de la milla (Rippe et al, 1988).....	70
Tabla 9: Características de la muestra masculina experimental pre entrenamiento.....	85
Tabla 10: Características de la muestra femenina experimental pre entrenamiento.....	85
Tabla 11: Comparación entre pre y post test en composición corporal de la muestra experimental.....	86
Tabla 12: comparación entre pre y post test de composición corporal en hombres.....	87
Tabla 13: Comparación entre pre y post test de composición corporal en mujeres.....	87
Tabla 14: Comparación entre pre y post de los test de estimación de 1 RM en los ejercicios de fuerza en hombres.....	88

Tabla 15: Comparación entre pre y post de los test de estimación de 1 RM en los ejercicios de fuerza en mujeres.....	91
Tabla 16: Comparación resultados de los test de estimación de 1 RM entre el grupo experimental y el grupo control en hombres.....	93
Tabla 17: Comparación resultados de los test de estimación de 1 RM entre el grupo experimental y el grupo control en mujeres.....	94
Tabla 18: Resultados de las pruebas de autonomía funcional en hombres.....	95
Tabla 6: Resultados de las pruebas de autonomía funcional en Mujeres.	96
Tabla 20: Comparación Grupo Experimental y Grupo Control en los test de Autonomía Funcional en Hombres.....	97
Tabla 21: Comparación entre grupo experimental y grupo control en los test de autonomía funcional en mujeres.....	98
Tabla 22: Resultados del test de la milla para la estimación del V_{O_2} máximo pres y post test en hombres.....	98
Tabla 23: Resultados del test de la milla para la estimación del VO_2 máximo pres y post test en mujeres.....	99

VI. ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Crecimiento poblacional relativo en 2012 por comunidades autónomas (%) (INE, 2013).....	22
Figura 2: Pirámide poblacional española año 2005 (INE, 2013).....	24
Figura 3: Pirámide poblacional española, año 2013 (INE, 2013).....	24
Figura 4: Predicción pirámide poblacional española, año 2021 (INE, 2013).....	25
Figura 5: Gasto sanitario en función a l PIB de los Pises miembros de la OCDE (OCDE, 2013).....	26
Figura 6: Gasto sanitario medio (euros) por grupo de edad y género Fundación BBVA (2003).....	27
Figura 7 : Ejercicios de musculación del programa de entrenamiento.....	63
Figura 8: Esquema procedimiento llevado a cabo en el estudio.....	72
Figuras 9: Cronograma valoración, una semana previa al comienzo del estudio.....	72
Figuras 10: Planificación del programa experimental.....	76
Figuras 11: Cronograma valoración, una semana tras finalizar el estudio...	80
Figura 12: Comparación test de estimación de 1 RM pre-post de los ejercicios del tren superior en hombres.....	89
Figura 13: Comparación test de estimación de 1 RM pre-post de los ejercicios del tren inferior en hombres.....	89
Figura 14: Comparación entre las mejoras del tren superior e inferior en los test de estimación de 1 RM en el grupo experimental de hombres.....	90
Figura 15: Comparación test de estimación de 1 RM pre-post de los ejercicios del tren superior en mujeres.....	91
Figura 16: Comparación test de estimación de 1 RM pre-post de los ejercicios del tren inferior en hombres.....	92
Figura 17: Comparación entre las mejoras del tren superior e inferior en los test de estimación de 1 RM en el grupo experimental de mujeres.....	92

VII. ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Test de impedancia bioeléctrica doble.....	61
Ilustración 2: Test de caminar 10 metros.....	66
Ilustración 3: Test de levantarse y sentarse de una silla.....	66
Ilustración 4: Test de levantarse del suelo en posición decúbito ventral.....	68
Ilustración 5 y 6: Test de levantarse de la silla y caminar por la casa.....	68
Ilustración 7: Test de vestir y quitar una camiseta.....	69
Ilustración 8 y 9: Test de la Milla.....	71
Ilustración 10: Ejercicio cardiovascular de calentamiento.....	79
Ilustración 11: Entrenamiento principal de los sujetos experimentales.....	79
Ilustración 12: Estiramientos pasivos en la vuelta a la calma.....	80

VIII. SIGLAS Y ABREVIATURAS

** : Diferencia muy significativa ($p < 0,005$).

* : Diferencia Significativa ($p < 0,05$).

= : sin cambios.

▲ : incremento significativo.

... : No estudiado.

AI : alta intensidad.

AVD : actividades de la vida diaria.

C.C. : composición corporal.

CSA : área transversal de la fibra muscular.

D : duración programa.

DMO : densidad mineral ósea.

FDM : fuerza dinámica máxima.

FIM : fuerza isométrica máxima.

Fr : frecuencia.

FR : fuerza resistencia.

G.E. : grupo experimental.

GC : grupo control.

I : intensidad.

M.G. : masa grasa.

MI : moderada intensidad.

BI : baja intensidad.

MLG : masa libre de grasa.

PC : peso corporal.

PG : peso graso.

PIB : producto interior bruto.

PT: Entrenamiento de potencia.

SP: sumatorio de pliegues.

ST: entrenamiento fuerza.

V: volumen.

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

*“El límite de los sueños está en la mente,
el poder para alcanzarlos, se encuentra en el corazón”*

(Anónimo)

1.1 ENVEJECIMIENTO DE LA POBLACIÓN:

Según los datos ofrecidos por el Instituto Nacional de Estadística (INE, 2012) la población mundial ha crecido en los últimos años, pasando de los 6,4 mil millones de habitantes del año 2005 a los más de 6,8 mil millones en el año 2011 (ver tabla 1). De estos 6,8 mil millones de habitantes, más de 522 millones eran adultos mayores de 65 años (un 7,6% de la población mundial) (INE, 2012).

Tabla 1: Población absoluta y mayor de 65 años en el 2011 (INE, 2012)

	Población Total	Adultos +65	% Sobre total
Mundial	6,868,528,324	522,008,128	7,6
EEUU	306,078,125	39,178,000	12,8
España	46,815,916	8,017,383	17,12

Se observa, por tanto, un envejecimiento paulatino de la sociedad, pues en tan solo 6 años, la población mundial mayor de 65 años ha pasado de los 466,5 millones de habitantes, correspondientes al año 2005, a los más de 522 millones en el año 2011 (INE, 2012) (ver tabla 2).

Tabla 2: Evolución de la población mayor de 65 años (INE, 2012)

	2005	2011	Incremento	Cambio %
Mundial	466,557,264	522,008,128	55,450,864	+11,88
EEUU	35,210,000	39,178,000	3,968,000	+11,26
España	7,268,441	8,017,383	748,942	+10,30

Por otra parte, y en términos generales, la esperanza de vida al nacer, se ha incrementado en la última década, estableciéndose en 69,51 años en el año 2010. Estos datos muestran un incremento en la esperanza de vida de la población mundial en 2,64 años superior que en el año 2000 (66,66 años) (INE, 2012). Este aumento de la esperanza de vida sumado a la disminución de la tasa de fecundidad, ha propiciado que la población adulta mayor de 65 años haya prosperado más rápidamente que otros grupos de edad (OMS, 2012).

El envejecimiento de la población se puede entender como un éxito de las políticas de salud públicas y el desarrollo socioeconómico, pero necesita de una adaptación por parte de la sociedad para mejorar la salud y la capacidad funcional de las personas mayores, así como de su participación social y su seguridad (OMS, 2012).

Según la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (2012) la esperanza de vida de los ciudadanos españoles es de 84,9 años para las mujeres y de 78,9 para los varones. Estos datos colocan a España por encima de los datos medios de la Unión Europea, que presenta una esperanza de vida de 81,7 años para las mujeres y de 75, 3 años para los varones, por lo que España se convierte uno de los países más longevos de la Unión Europea (Abellán y Esparza 2011; Abellán y Ayala, 2012).

En el año 2012 la población adulta mayor de 65 años en España era de 8.143.279 personas, lo que corresponde a un 17,31% de la población total según los datos del Instituto Nacional de Estadística (INE, 2012). A finales del año 2013 la población mayor de 65 años en España ha incrementado en 1,46% estableciéndose en 8.262.393 personas, lo que significa un 17,69% de la población total de país. Siguiendo las predicciones en función a los datos actuales de la población, en apenas 10 años, el número de adultos mayores de 65 años aumentarían en 1.224.329 personas, lo que supondrá un 21,05% de la población total (9.486.722 personas).

Tabla 3: Población adulta mayor ≥ 65 años en España y predicción para el año 2021 (INE, 2013)

Grupos Edad	Datos Reales	Predicción
	2013	2021
65-69	2.269.534	2.517.133
70-74	1.714.063	2.225.879
75-79	1.726.300	1.850.717
80-84	1.369.131	1.294.894
85-89	791.521	978.912
90-94	308.604	474.388
95 o +	83.240	144.799
Total:	8.262.393	9.486.722

Tabla 4: Evolución de la población mayor de 65 años en España 2002-2013 (INE, 2013)

Grupo Edad	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
65-69	2.023.759	1.978.465	1.930.085	1.879.394	1.852.847	1.875.052	1.921.379	2.009.418	2.095.650	2.175.786	2.224.844	2.269.534
70-74	1.867.722	1.898.370	1.922.771	1.936.605	1.929.742	1.900.208	1.859.666	1.790.256	1.746.132	1.738.022	1.769.523	1.714.063
75-79	1.454.746	1.492.487	1.529.698	1.568.033	1.607.806	1.644.791	1.673.942	1.704.845	1.711.741	1.700.734	1.672.999	1.726.300
80-84	921.853	974.162	1.025.322	1.071.747	1.113.292	1.149.412	1.181.374	1.224.160	1.259.216	1.297.132	1.325.829	1.369.131
85-89	484.586	495.260	512.599	537.908	570.553	606.034	641.232	689.393	717.963	747.197	769.650	791.521
90-94	196.013	203.924	211.572	217.592	222.386	227.515	233.643	247.899	262.993	282.286	300.809	308.604
95 o +	48.651	51.217	54.220	57.162	59.749	62.195	65.073	70.392	73.444	76.226	79.625	83.240
Total:	6.997.330	7.093.885	7.186.267	7.268.441	7.356.375	7.465.207	7.576.309	7.736.363	7.867.139	8.017.383	8.143.279	8.262.393

Además, hay que resaltar que la población española ha descendido por primera vez desde que se tienen datos demográficos anuales desde 1971. Exactamente disminuyó en 113.902 personas durante 2012 y se situó en 46.704.314 habitantes a 1 de enero de 2013, un 0,2% menos que a comienzos del 2012 (INE, 2013). Estos datos se deben a un saldo vegetativo positivo (nacen más personas de las que mueren) y a un saldo migratorio negativo (emigran más personas de las que inmigran). Además, por primera vez en la historia española se ha producido una inversión demográfica, es decir, existen una mayor cantidad de personas mayores de 65 años que niños en edades comprendidas entre los 0 y los 14 años.

Si se profundiza por comunidades autónomas, los datos muestran como en la mayoría se ha producido un crecimiento poblacional negativo (figura 1), siendo Castilla y León, Cataluña, El Principado de Asturias y la Rioja, las comunidades más afectadas por este cambio (INE, 2013).

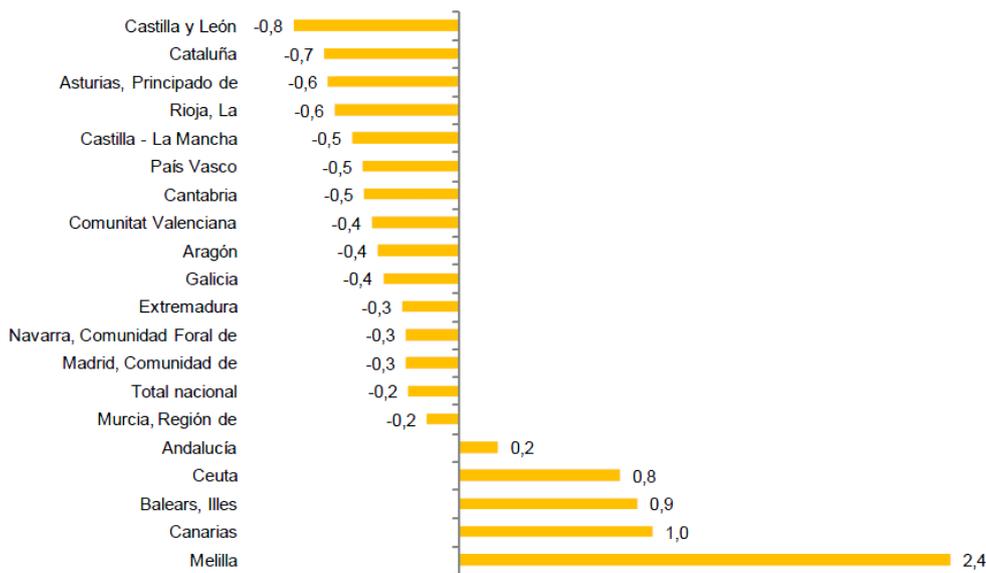


Figura 1: Crecimiento poblacional relativo en 2012 por comunidades autónomas (%) (INE, 2013)

Con respecto a La Región de Murcia, se observa que al crecimiento negativo de la población hay que sumarle un proceso de envejecimiento sustancial. En los últimos años, la población absoluta de la Región de Murcia se incrementó en un 10,81% desde el año 2005 hasta el 2012 (ver tabla 5). Además, en este mismo año de 2012, la población adulta mayor de 65 años sufrió un incremento de 33.522

personas, lo que supuso un aumento del 18,97% respecto al año 2005, situando la población adulta mayor de 65 años entorno al 14,37% de la población absoluta de la Región. Aunque entre el año 2012 y el 2013, se reduce el número de habitantes absolutos en algo más del 0,2%, la población adulta mayor de 65 años creció en 2.268 personas, situándose en el 14,55% de la población absoluta de la Región de Murcia.

Tabla 5: Evolución de la población general y adulta mayor de 65 años en España y Región de Murcia años 2005 – 2013 (INE, 2013)

	2005	%	2012	%	2013	%
España Población Absoluta	43,398,190.00	100	46,756,862.00	100	46,704,314.00	100
España Población ≥65 años	7,268,441.00	16,74	8,143,279.00	17,4	8,262,395.00	17,69
R. Murcia Población Absoluta	1,317,719.00	100	1,460,227.00	100	1,459,671.00	100
R. Murcia Población ≥65años	176,692.00	13,40	210,214.00	14,39	212,482.00	14,55

Estos datos indican que la población general, tanto de España como de la Región de Murcia, presenta un incremento de las personas mayores de 65 años, o lo que es lo mismo, la población está envejeciendo.

Si se estudia las pirámides poblacionales (figuras 2, 3 y 4) se observa que el modelo de sociedad conocido hasta ahora está cambiando y que habrá que tomar medidas sociales, económicas y políticas para poder afrontar esta nueva realidad, donde los grupos de edad avanzada (más de 65 años) serán una parte muy importante de la sociedad.

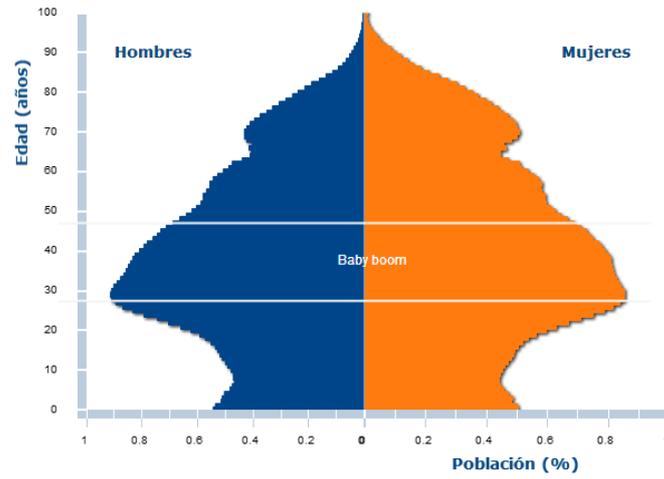


Figura 2: Pirámide poblacional española año 2005 (INE, 2013).

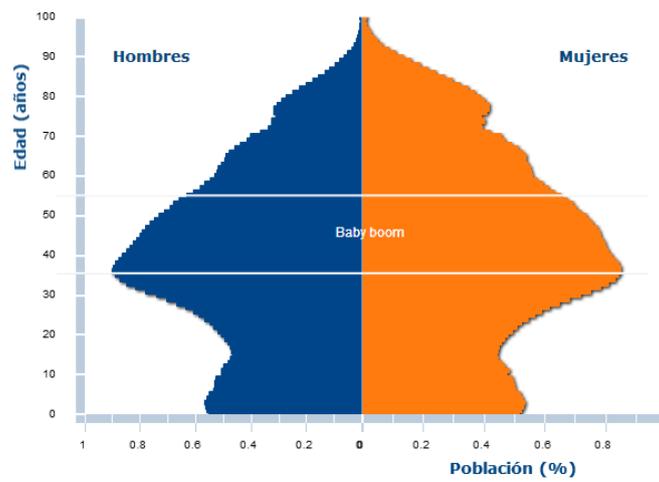


Figura 3: Pirámide poblacional española, año 2013 (INE, 2013).

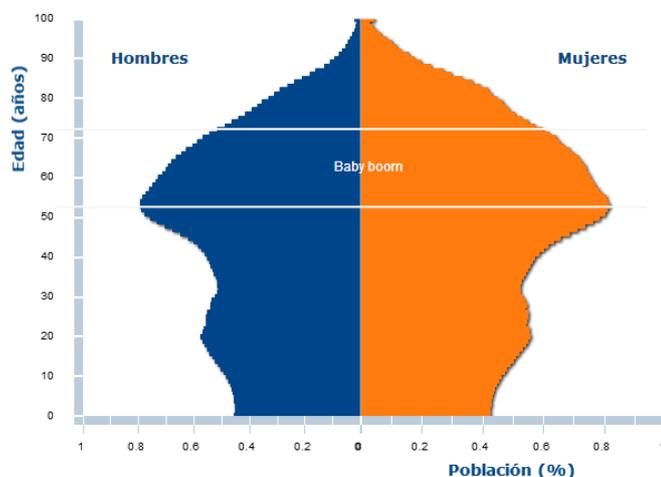


Figura 4: Predicción pirámide poblacional española, año 2021 (INE, 2013).

Si bien el proceso de envejecimiento no debe entenderse como un hecho terminal, si que produce una disminución o merma de las capacidades funcionales de los seres vivos (Becerro y Martínez-Almagro, 2007). Según los datos de la encuesta de salud de la población realizada durante los años 2011-2012 por el Instituto Nacional de Estadística (INE, 2013), el 46,5% de la población adulta mayor de 65 años presenta algún tipo de dependencia funcional para realizar las actividades de la vida diaria. Si se comparan estos datos con los obtenidos en encuestas anteriores, se observa que, el número de personas mayores que presentan incapacidad funcional para realizar las actividades de la vida diaria ha incrementado pasando de un 37,1% en el año 1993 al 46,5% del año 2012 (INE,2013). Esta tasa de incapacidad funcional incrementa con la edad, de forma que más de la mitad de la población adulta mayor de 80 años, presentan dificultades para realizar con éxito una o varias tareas de la vida cotidiana (Abellán y Ayala, 2012).

Atendiendo a todos los parámetros estadísticos anteriores, se puede afirmar que la población española está envejeciendo y que cada vez son más los adultos mayores que presentan ciertas incapacidades funcionales para realizar con éxito las tareas de la vida cotidiana.

1.2 ENVEJECIMIENTO Y GASTO SANITARIO

España se posiciona entre los primeros países en el ranking de nivel de salud de su población, sin ser uno de los países que más invierte en salud desde el punto de vista del % del PIB (producto interior bruto) empleado en ello. El gasto sanitario en España ha incrementado, desde el 8% del PIB del año 1999 (Ahn, Alonso y Herce, 2003) al 9,6% en el año 2009 (OMS, 2012).

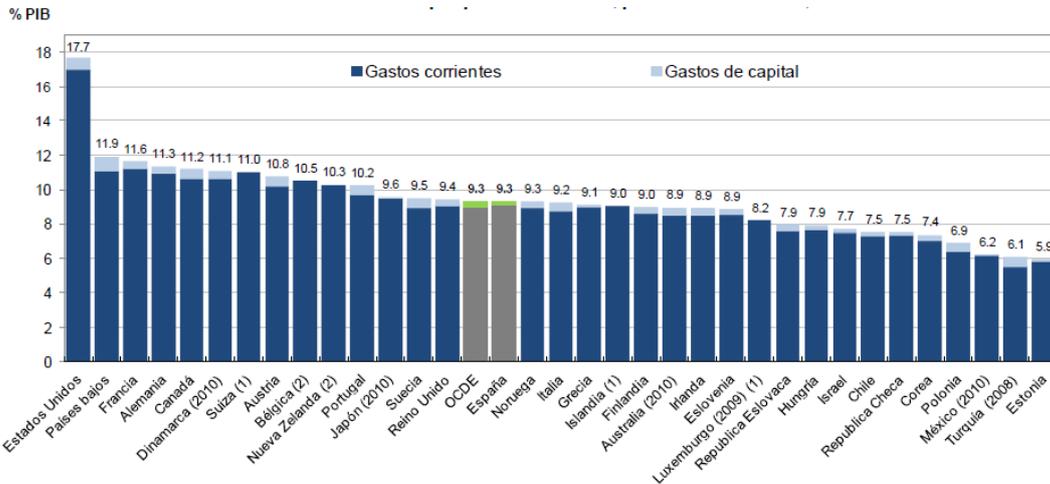


Figura 5: Gasto sanitario en función al PIB de los Paises miembros de la OCDE (OCDE, 2013)

Aunque el gasto sanitario en España en el año 1999 era 723,98€ por persona al año, se encuentran grandes diferencias en función al grupo de edad al que se haga referencia. Existe un aumento del gasto sanitario por personas en función al incremento de la edad de los españoles (figura 5). Mientras que para una persona de edad comprendida entre los 26 y los 30 años el gasto sanitario medio se establece en 500€ al año, para grupos edad mayores de 75 años este gasto medio se establece en 2.000€ al año por persona (Ahn, Alonso y Herce, 2003). Además, según incrementa la edad, también se observan diferencias en el gasto hospitalario, ya que las personas de edades avanzadas presentan mayor cantidad de altas en el hospital y estancias más duraderas, elevando los gastos medios hospitalarios a unos 1.600€ por persona, bastante más elevado que la franja de edad comprendida entre los 1 y los 25 años (200€ por persona) (Ahn, Alonso y

Herce, 2003). Actualmente el gasto sanitario por persona al año ha incrementado, pasando de los 723,98€ del año 1999 a los 2.203,31€ del año 2009 (OMS, 2012).

Estos datos, sumados a la marcada orientación curativa del sistema sanitario español, que conlleva a que la población sea excesivamente dependiente del complejo sanitario, provoca que el sistema sanitario y el gasto asociado sean especialmente sensibles al envejecimiento de la población (Ahn, Alonso y Herce, 2003). Por tanto, a medida que envejece la población española el gasto sanitario incrementa.

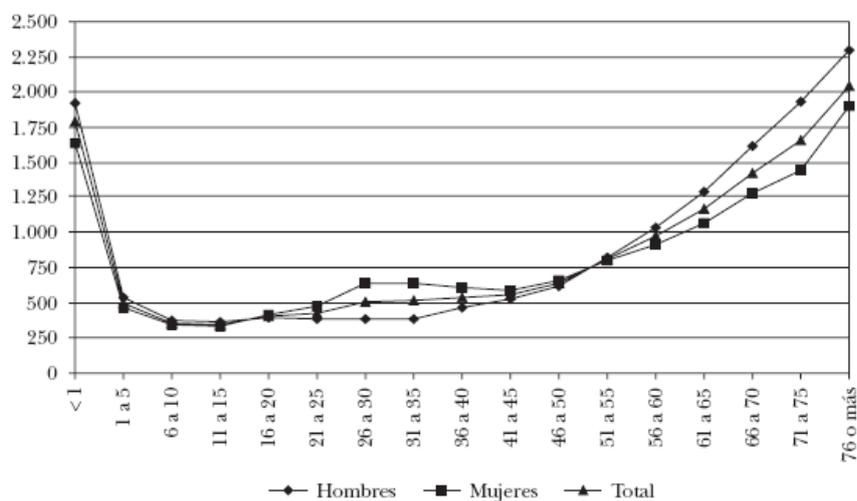


Figura 6: Gasto sanitario medio (euros) por grupo de edad y género. Fundación BBVA (2003)

En función del paso de los años de vida, el organismo humano sufre un deterioro biológico, especialmente a partir de la tercera década, a consecuencia de la pérdida de la estructura y funcionalidad orgánica (Carbonell, Aparicio, y Delgado, 2009). La población adulta mayor de 65 años presenta una merma de sus capacidades físicas (Galvão y Taaffe, 2005; Tuna et al, 2009; Uher, Svedová, Brtková y Junger, 2010). Niveles de fuerza muscular bajos pueden dificultar el levantamiento y transporte de objetos o puede convertir el simple acto de subir una escalera en un reto complejo debido a falta de potencia en la musculatura del tren inferior (Fatouros & al., 2005). Esta disminución de las capacidades físicas básicas puede provocar que realizar las tareas cotidianas de la vida diaria incremente el riesgo de caídas y lesiones, que si bien no van a provocar la muerte

del individuo, son fuertes predictores de la mortalidad en personas mayores (Newman et al., 2006) y están asociados a una disminución de su autonomía funcional y por ende, su calidad de vida.

En nuestro país ocurren más de 820 accidentes al día en la población mayor de 65 años que suponen un gasto económico directo para el sistema sanitario público aproximado de 340 millones de euros y de 43 millones de forma indirecta que asumen los familiares de las personas mayores accidentadas (Del Campo & Minguenza, 2012). Aunque el gasto que supone apenas significa un 0,5% del gasto sanitario general, la importancia de reducir estos accidentes está en disminuir el sufrimiento humano que queda tras ellos ya que producen una merma en las capacidades físicas y en la autonomía funcional del mayor que reduce la calidad de vida tanto del siniestrado como de su familia.

Según la OMS (2012), se prevé que desde nuestros días al 2050, el número de personas mayores que no podrán valerse por sí mismas se multiplicará por cuatro en los países en desarrollo. Muchas personas de mayor edad pierden la capacidad de vivir de forma autónoma debido a una limitada movilidad, debilidad para realizar las actividades de la vida diaria u otros problemas de salud físicos o mentales. Esto se traduce en que muchas de estas personas necesitan una atención continua y de larga duración, como servicios de enfermería en el domicilio y atención sanitaria comunitaria, residencial y hospitalaria.

CAPÍTULO 2
MARCO TEÓRICO

*“Las oportunidades son como los amaneceres,
si uno espera demasiado, se los puede perder”*

William Arthur Ward.

2.1 AUTONOMÍA FUNCIONAL EN PERSONAS MAYORES

La actividad física es un instrumento usualmente utilizado para prevenir o revertir el síndrome de la fragilidad de los adultos y mayores. Según el ACSM (1998), participar en un programa efectivo de actividad física aumenta y mejora la capacidad funcional, la función cognitiva, alivia los síntomas de depresión como también estimula la auto-imagen y la autoeficiencia. Perder la independencia y la autonomía en las actividades de la vida diaria tiene como fuerte consecuencia una motricidad desequilibrada y precaria, provocando, en el adulto mayor, un desajuste psicosocial, generando no sólo enfermedades relativas a la motricidad sino también psicológicas (Buchner, 1997). La manutención de la independencia y autonomía funcional en las diversas actividades de la vida diaria proporciona al adulto mayor motricidad equilibrada y ajustamiento psicosocial en la manifestación de la ergomotricidad, sin la cual estaría sometido a enfermedades e incomodidades, limitando así, su auto-imagen, salud y consecuentemente, la calidad de vida. La energía del cuerpo humano necesita estar proporcionalmente equitativa para haber perfecta funcionalidad psicofisiológica (Dantas, 2001).

Un aspecto de extraordinaria importancia en los adultos y mayores es la disminución de la capacidad funcional conforme avanza la edad, un fenómeno previsible y que puede detenerse o ralentizarse poniendo especial atención sobre el nivel de condición física (composición corporal, fuerza, resistencia, flexibilidad etc.) y de actividad física. Muchos adultos y mayores, debido a sus estilos de vida sedentarios, están peligrosamente cerca de su nivel de capacidad máxima durante actividades normales de la vida diaria. Una pequeña disminución del nivel de actividad física en estas personas podría provocar el paso de un estado de independencia a un estado de discapacidad, que se caracterizará por la necesidad de asistencia para la realización de las actividades cotidianas. Por lo tanto, la prevención de la dependencia adquiere una dimensión especial para evitar el deterioro de la calidad de vida y la dependencia de los mayores (Elward y Larson, 1992).

El proceso de envejecimiento varía bastante entre las personas y está influenciado tanto por el estilo de vida como por factores genéticos (Niemann, 1999). La capacidad funcional está asociada al declive en la habilidad para

desempeñar las actividades de la vida diaria, pudiendo ser, conforme Posner et al. (1995), la mayor razón para la pérdida de la autonomía funcional y de la independencia en los mayores.

En este proceso, la autonomía funcional está relacionada con la salud, la aptitud física y la calidad de vida. Es un factor determinante del análisis de los efectos del envejecimiento (Matsudo, 2001).

Desde las épocas más remotas, la vejez ha sido confundida con dolores, con un proceso degenerativo, opuesto a cualquier especie de desarrollo o progreso, a cualquier tiempo de declive o decadencia, a cualquier teoría adoptada por la medicina, por la biología y por la psicología (Papaléo Netto, 1996).

Actualmente, la expectativa de vida está aumentando y el envejecimiento de la población está ocurriendo en casi todos los países del mundo. El mayor deseo de las personas, es ser independiente en sus actividades de la vida diaria y en sus decisiones, o sea, vivir más años con mayor calidad. Así, si las personas pudiesen envejecer manteniéndose autónomos e independientes, las dificultades serían menores para ellos, su familia y para la sociedad (Aragao, 2002).

Un efecto conocido del avance de la edad es la gradual reducción de las funciones musculares, y en consecuencia, del desempeño de las actividades de la vida diaria. Sin embargo, las personas mayores se pueden beneficiar del programa de ejercicio físico, aumentándoles no solo la resistencia y la fuerza muscular, sino también el equilibrio y la movilidad, reduciendo así el riesgo de caídas y lesiones (AcsM, 2003; Brandon et al., 2004; Frontera & Bigard, 2002).

La falta o disminución de actividad física asociada al aumento de la edad cronológica ocasiona pérdidas importantes en la condición cardiovascular, la fuerza muscular y el equilibrio, provocando el declive de la autonomía funcional y en consecuencia, la incapacidad funcional (Matsudo, 2001).

Para el ACSM (2003) la aptitud muscular puede hacer posible la realización de las actividades de la vida diaria con menor esfuerzo y prolongar la independencia funcional para permitir vivir los últimos años de una manera auto-suficiente y con dignidad.

Un sistema músculo esquelético adecuadamente funcional es la llave para el mantenimiento de la capacidad funcional, de la independencia y de la calidad de vida satisfactoria. Una capacidad funcional deteriorada y con enfermedades

degenerativas del sistema músculo esquelético, son predominantemente las principales fuentes de morbilidad, de sufrimiento y de institucionalización en el envejecimiento (Vuori, 1995). En este sentido, la actividad física está demostrando, positivamente, ser un factor de mantenimiento del funcionamiento físico y como un factor preventivo de las limitaciones funcionales (incapacidad para mantener las tareas normales de la vida diaria).

La actividad física es una medida eficaz para prevenir y retrasar el inevitable deterioro de la capacidad funcional de los adultos y mayores. Por tanto, se debe hablar de condición física en esta población hacia el concepto de condición física funcional, que Rikli y Jones (2001) definen como "la capacidad física para desarrollar las actividades normales de la vida diaria de forma segura e independiente y sin excesiva fatiga". La condición física funcional es de vital importancia para la calidad de vida de las personas; el nivel de condición física funcional determina la medida en que las personas pueden manejarse con autonomía dentro de la sociedad, participar en distintos acontecimientos, visitar a otros amigos o familiares, utilizar los servicios y facilidades que se les ofrecen y, en general, enriquecer sus propias vidas y las de las personas más próximas a ellas.

Igualmente, la capacidad de mantener el equilibrio es uno de los componentes principales que determinan dicha condición física funcional, junto con la autonomía y la locomoción del ser humano. Existen diversos factores, tales como la pérdida de fuerza muscular, la degeneración visual y el declive de las capacidades neuronales, en gran parte relacionados con el propio proceso de envejecimiento, que afectan directamente a dicha capacidad de mantenimiento de la postura, ya sea estática o dinámicamente (Shummway-Cook y Woollacott, 1995; Horak, Shupert y Mirka, 1989; Wolfson, 1997; Teasdale et al., 1991; Melnyk, et al., 2008; Kidoet al., 2004, Ferrell et al., 1992). Dicha disminución de capacidades consecuentemente afecta y/o supone un alto factor de riesgo que predispone a las personas mayores a padecer caídas, cuyos efectos son diversos pero que, de forma general, influyen directamente en la capacidad de autonomía de la persona mayor, reduciendo considerablemente su actividad física y avocando en muchas ocasiones a una aceleración de los procesos de degeneración asociados al envejecimiento, y en consecuencia reduciendo considerablemente la calidad de vida de la población mayor (Barak et al., 2006; Yim-Chiplis y Talbot, 2000).

Sin embargo son muy diversas las aportaciones científicas que han demostrado que existen métodos de entrenamiento y/o acondicionamiento físico basados en la mejora de la resistencia a la fuerza muscular que previenen y/o disminuyen dichos factores de riesgo (Acsm, 2010; Dantas y Vale, 2008; Kejonen, 2002; Ferruchi et al., 1997; Reeves, Narici y Maganaris, 2006) .

En el área de la salud, una de las preocupaciones de los gerontólogos es la preservación de la autonomía funcional por parte del adulto mayor. Esto hace que el establecimiento de métodos eficaces y seguros en la evaluación de parámetros físicos que indiquen niveles de autonomía funcional pasan a ser esenciales en el diagnóstico de las condiciones de salud en personas mayores.

En este sentido, la batería del Grupo de Desarrollo Latinoamericano de Motricidad (GDLAM) (Dantas y Vale, 2004, 2008) es un instrumento válido y fiable para medir las actividades de la vida diaria y así poder prescribir el tipo de ejercicio, la intensidad, el volumen y la frecuencia del entrenamiento más adecuada para el adulto mayor y observar sus efectos en la mejora de la capacidad funcional.

2.2 EL ENVEJECIMIENTO Y SUS EFECTOS EN EL ORGANISMO

El envejecimiento es el culmen del proceso de desarrollo biológico del ser humano y por tanto, llegar a él, significa que se han superado todas las etapas anteriores con cierto éxito.

El envejecimiento se define como la pérdida progresiva de las funciones orgánicas e intelectuales, acompañada por pérdida de la fertilidad e incremento de la mortalidad según avanza la edad (García, 2007 en Becerro y Martínez-Almagro, 2007). Envejecer está acompañado de una disminución de las capacidades psicofísicas del organismo, muchas de las cuales pueden ser conservadas sólo por adoptar una serie de disposiciones, muchas de ellas económicas y de fácil realización (Becerro y Martínez-Almagro, 2007).

Este proceso de envejecimiento no afecta a todos por igual, ya que depende en gran medida de la herencia genética, el estilo de vida y el contexto social en el que se desenvuelva el individuo.

Como se ha expuesto anteriormente, el proceso de envejecimiento natural del ser humano está asociado con un declive de las diferentes capacidades físicas y la calidad de vida (Galvão y Taaffe, 2005; Tuna et al, 2009; Uher, Svedová, Brtková y Junger, 2010) ya que se observa una disminución en la fuerza isométrica y la potencia de la musculatura con el paso de la edad (Lauretani et al., 2003). Esto puede ser debido a la pérdida de masa muscular (sarcopenia) (Blanco, 2012; Nakajima, Yasuda, Sato, Morita & Yamasoba, 2011), ya que se da una disminución del tamaño de las fibras musculares tanto de las fibras tipo I como de las tipos II, aunque principalmente, las fibras musculares tipo II se ven más afectadas (Lexell & Taylor, 1991) dando como resultado una reducción de la producción de fuerza y la disminución de la capacidad metabólica de la musculatura esquelética (Dreyer & cols, 2006).

La capacidad funcional de un músculo depende tanto de la calidad como de la cantidad de proteínas contráctiles musculares. La calidad del músculo se define como la eficiencia de éste para llevar a cabo sus diversas funciones (Balagopal et al., 1997).

Mantener tanto la cantidad como la calidad muscular depende de un equilibrio entre la síntesis y la degradación proteica. Un balance negativo a favor

de la degradación, o una disminución en la síntesis puede afectar negativamente a la funcionalidad del músculo (Balagopal et al., 1997).

La disminución de la tasa de síntesis de la cadena pesada de miosina indica un compromiso en la capacidad de remodelación del músculo afectando negativamente a la calidad y cantidad de esta importante proteína contráctil, que hidroliza ATP para liberar energía para las funciones contráctiles (Hibberd & Trentham, 1986)

Además, la disminución de la síntesis de la cadena pesada de la miosina se correlaciona no sólo con la pérdida de masa muscular, sino también con la fuerza muscular producida por dicha unidad de masa muscular (Balagopal et al., 1997).

En función que avanza la edad, las personas se vuelven menos activas (Hardman & Stensel, 2009; Sayers, 2007; Sayers, 2008), por lo que el proceso de sarcopenia puede verse incrementado con la falta de ejercicio físico, acelerando la pérdida de producción de fuerza y disminuyendo la funcionalidad de la musculatura y por tanto, la autonomía funcional del adulto mayor (Cader, Pereira, Vale & Dantas, 2007) ya que la disminución en la producción de fuerza, la atenuación de la masa muscular y la baja cantidad de masa muscular son factores de riesgo relativo de la limitación en la movilidad articular del adulto mayor (Visser et al., 2005).

Por otro lado, el proceso de envejecimiento sumado a esta falta de actividad conlleva un detrimento del sistema cardiovascular, disminuyendo su capacidad, produciendo una atrofia por desuso y una pérdida celular (Daley & Spinks, 2000). Esto a su vez se relaciona con una disminución del consumo máximo de oxígeno ($VO_2\max$) entre el 10–24% a partir de los 30 años (Blanco, 2012; Hawkins & Wisswell, 2003) que provoca una disminución de la actividad neuromuscular (Izquierdo et al, 2003).

El sistema óseo también se ve afectado por el paso de la edad biológica, ya que tanto la cantidad de hueso (densidad mineral ósea) como la calidad del mismo (arquitectura interna del hueso) se relaciona con la cantidad de masa muscular y la fuerza de los músculos del adulto mayor (Hunter, McCarthy & Bamman, 2004). El proceso de pérdida de masa ósea provocado por la inmovilidad y la falta de actividad física es más rápido que los procesos de osteogénesis (creación de tejido óseo) derivados del entrenamiento (Conroy &

Earle, 2004), por lo que toda persona adulta mayor que mantenga un estilo de vida sedentario, puede presentar un empeoramiento de su calidad de vida mayor que aquél que mantenga unos hábitos de actividad física e higiene postural adecuados.

Por tanto, la pérdida de masa muscular y fuerza, así como la disminución de la capacidad aeróbica y la masa ósea se relacionan con la pérdida de funcionalidad en las actividades de la vida cotidiana como caminar, sentarse y levantarse en una silla, vestirse, etc. (Galvão & Taaffe, 2005; Tuna & cols, 2009; Uher et al., 2010) ya que produce una merma de las capacidades física de resistencia, fuerza, agilidad y flexibilidad (Tuna & cols, 2009).

Pero la pérdida de la masa muscular en su cantidad, también va acompañada de un disminución de la calidad del propio músculo, ya que no solo disminuye la sección transversal del área del mismo, sino que se da una atrofia mayor de las fibras tipo II, una disminución de la fuerza por área muscular y disminuye la velocidad máxima de acortamiento (Yu & cols, 2007).

Todos estos factores influyen negativamente en la capacidad funcional del adulto mayor, relacionándose con un riesgo relativo de caídas, lesiones, dependencia de otras personas, una disminución de las capacidades cognitivas, la internalización en un centro especializado y la mortalidad (Choquette & cols, 2010).

Existe una gran evidencia científica que respalda la idea de que la sarcopenia y la falta de actividad física juegan un rol muy importante en la disminución de la funcionalidad del músculo del adulto mayor (Daley & Spinks, 2000; Galvão y Taaffe, 2005; Hunter, McCarthy & Bamman, 2004; Nakajima et al., 2011; Tuna & cols, 2009).

Por tanto, los programas de entrenamiento de fuerza para la población adulta mayor son determinantes para disminuir el impacto negativo del envejecimiento fisiológico, pues las pérdidas en la fuerza muscular y en el desarrollo motor son factores relacionados con incapacidad funcional y dependencia (Manini et al., 2005). Los programas de entrenamiento basados en la mejora de la masa muscular y la fuerza tendrán un efecto positivo en la autonomía funcional del adulto mayor procurando una mejora de la calidad de vida (Dutta, 1997; Mayer et al., 2011; Petrella & Chudyk, 2008; Uher et al., 2010)

Este tipo de programas de entrenamiento para la fuerza y la masa muscular en personas mayores se convierte en una forma de prevenir la decadencia física asociada al incremento de la edad, ya que están relacionados con una mejora de la fuerza y la densidad mineral ósea y por tanto tienen una gran implicación ante el desarrollo de la sarcopenia y la osteopenia, así como su progresión hacia la osteoporosis (Dutta, 1997; Uher et al., 2010).

Un control sistemático y metodológico del entrenamiento con sobrecargas (pesas) puede procurar importantes y variadas adaptaciones en poblaciones adultas mayores. Los efectos beneficiosos del entrenamiento dependen de la manipulación de numerosos factores, como la intensidad de la carga, el volumen y frecuencia de entrenamiento, el tiempo de recuperación y la velocidad de movimiento que según los objetivos y metas que se pretendan alcanzar se modificarán de una forma u otra (Orquín, Torres & Ponce de León, 2009).

Para mantener un buen estado de salud y una buena calidad de vida es necesario realizar ejercicio físico (Carpinelli, Otto & Winett, 2004). Las sesiones orientadas a la mejora de la fuerza resistencia pueden producir, a su vez, pequeñas mejoras en la masa libre de grasa y en el consumo de oxígeno (Jiménez, 2006), ya que como indican Warburton, Gledhill y Quinney (2001), los programas de musculación con grandes volúmenes de entrenamiento producen pequeñas mejoras en el consumo máximo de oxígeno ($VO_{2\text{máx.}}$).

2.3 BENEFICIOS DEL ENTRENAMIENTO CON SOBRECARGAS EN EL ADULTO MAYOR SON:

- Se convierte en uno de los métodos más efectivos para el desarrollo de la fuerza músculo-esquelética y se prescribe para la mejora de la condición física general, el rendimiento atlético, la rehabilitación y la prevención de lesiones ortopédicas y musculares (Wolfe, LeMura & Cole, 2004).
- El entrenamiento muscular desencadena un consumo de energía y unos cambios metabólicos beneficiosos, como la disminución de los depósitos grasos (Escolar, Romero de la Cruz & Corrales, 2003; Fiatarone et al., 1994) por lo que este tipo de trabajo favorece la pérdida de peso y/o el mantenimiento del peso perdido.

- Tras periodos de entrenamiento de fuerza de 6 a 9 semanas de duración con ex-atletas adultos mayores, se observa incrementos en la síntesis de proteínas y los elementos contráctiles de los músculos similares a poblaciones jóvenes, aumentando el volumen del músculo, dándose un incremento en el área transversal de las fibras musculares tanto de tipo I como de tipo II (Mayer et al., 2011; Petrella & Chudyk, 2008). Este aumento de la masa libre de grasa a su vez provoca:
 - ❖ Una mejora de la tolerancia a la glucosa (Fiatarone et al., 1994).
 - ❖ Un aumento de la densidad mineral ósea (Becerro, 2000; Dutta, 1997; Katula, Rejeski, Marsh, 2008; Uher et al., 2010;)
 - ❖ Aumento de la fuerza músculo-esquelética (Brandenburg & Docherty, 2006; Warburton, Gledhill & Quinney 2001; Wolfe, LeMura & Cole, 2004)
 - ❖ Incremento del equilibrio (Fiatarone et al., 1994).
 - ❖ Disminución del riesgo de fracturas por osteoporosis en mujeres post-menopausicas (Fiatarone et al., 1994).
 - ❖ También puede ayudar a mejorar la sensibilidad a la insulina y el metabolismo energético (Fleg & Lakatia, 1988)

- Existe una correlación indirecta entre el estado funcional de los músculos y la imagen de una columna vertebral deteriorada (Zimmerman, 2004). La falta de seguridad o fortalecimiento en la columna, puede llevar a un sobrepresión de hasta 2,5 veces en la zona lumbar y hasta 7,5 en la zona cervical. El fortalecimiento mediante el entrenamiento de musculación tiene el efecto contrario, puede llegar a producir una descarga de la presión de la columna vertebral de hasta un 30% (Scheibe 1994 citado en Zimmerman, 2004). Con entrenamientos de fuerza con cargas elevadas (75-85% 1RM), se observan incrementos en la densidad mineral ósea o una disminución en la pérdida de tejido óseo en la columna vertebral y la cadera (Martyn & Carrol, 2006).

- En las primeras semanas de entrenamiento de fuerza con intensidades para la mejora de la hipertrofia muscular (60-85% de 1RM), se han observado

adaptaciones del sistema neuromuscular en adultos mayores al verificar incrementos en la eficiencia de las unidades motoras al mejorar en la adquisición de técnicas motoras (Aagard, Suetta, Caserotti, Magnusson & Kjaer, 2010).

- El entrenamiento de la fuerza está asociado con modificaciones en el miocardio, que implican cambios positivos en la frecuencia cardíaca (FC), volumen respiratorio y respuesta del corazón. Con intensidades del 40-60% de una repetición máxima (RM) se dan mayores aumentos de la respuesta de la FC que con intensidades más próximas al 1 RM (Jiménez, 2006).
- Otro factor que se ve modificado por el efecto del entrenamiento de fuerza es la tasa metabólica de reposo, o metabolismo basal, que supone entre el 60 y el 75% del total del gasto energético diario de una persona (Stefanick, 1993). De esta forma, este elemento puede jugar un importante papel en la prevención y/o desarrollo de la obesidad abdominal. El entrenamiento de fuerza modifica la composición corporal, ya que, aumenta el coste energético debido tanto al esfuerzo requerido durante las sesiones de entrenamiento, como al incremento del metabolismo basal, producido por la hipertrofia de los músculos esqueléticos obtenida por las adaptaciones al entrenamiento.
- Las adaptaciones producidas por el entrenamiento de fuerza también incluyen mejoras en el sistema esquelético, ya que, el entrenamiento con sobrecargas, da los mayores efectos positivos sobre el hueso, fundamentalmente porque la presión ejercida sobre la columna lumbar suele ser 5-6 veces superior al peso del cuerpo, activando el mecanismo de modelado óseo, formando nuevo hueso que posteriormente se organizará para resistir cargas superiores (Granhad, Jhonson & Hansson, 1987).
- También, el trabajo de fuerza es muy beneficioso para tratar determinadas lesiones, como el dolor lumbar o lumbalgia, ya que produce una mejora de

la fuerza y la hipertrofia de los músculos erectores de la espalda y un aumento de la densidad mineral ósea de las vértebras lumbares (Becerro, 2000).

La fuerza y la potencia tienen un alto grado de correlación con la capacidad de movilidad del adulto mayor (Bean et al., 2003; Brandon, Gaasch, Bovette, & Lloyd, 2003; Fatouros et al., 2005). Las mejoras producidas en fuerza tras un programa de entrenamiento con intensidades moderadas (50-75% RM) producen mejoras significativas ($p < 0,05$) en la movilidad del adulto mayor de un 9,8%, (Brandon, & cols, 2003). Bean et al. (2003) observan que los adultos que presentan bajos niveles de fuerza y/o potencia muscular tienen una menor capacidad de movimiento comparados con aquellos que tienen niveles superiores de fuerza y potencia muscular. Además, destacan que son los adultos que producen menores niveles de potencia los que tienen 2-3 veces más probabilidades de presentar menor movilidad.

Existe una gran evidencia sobre los beneficios del entrenamiento con sobrecargas y sus efectos en el incremento de la fuerza máxima y la potencia muscular (Hanson & cols., 2009; Sousa & cols, 2011; Uher et al., 2010). Aunque todos los entrenamientos con sobrecargas producen mejoras en la fuerza máxima, aquellos que presentan intensidades más elevadas (80% RM o más) producen mayores adaptaciones y más duraderas que protocolos de intensidades menores (Fatouros & cols, 2012; Kalapotharakos & cols, 2004; Sousa et al., 2011; Taaffe, Pruitt, Pyka, Guido & Marcus, 1996).

Según la bibliografía revisada, el entrenamiento con sobrecargas es muy interesante para procurar adaptaciones en la producción de fuerza por parte de los músculos entrenados para poblaciones adultas mayores, obteniendo unas mejoras entre el 9,1 y el 97 % (Avila et al., 2010; Brandon et al., 2002; Caserotti et al., 2008; Cassilhas & et al., 2007; Fatouros et al., 2005; González Jurado et al., 2011; Hakkinen et al 2007; Hanson et al., 2009; Hess & Woollacott, 2005; Kalapotharakos et al., 2004; Kosek et al., 2006; Pereira et al., 2012; Pyka et al., 1994; Reeves et al., 2004; Sayers, 2007; Seynnes et al, 2004; Sousa et al., 2011; Taaffe et al., 1996; Trappe et al., 2000; Uher et al., 2010; Wallerstein, et al., 2012).

Tabla 6: Efectos del entrenamiento con sobrecargas sobre la fuerza, la composición corporal y el consumo máximo de oxígeno en adultos mayores.

Autor	Muestra	Programa	Adaptaciones		
			Fuerza	C.C. y VO ₂ max.	D.M.O
Pyka & Cols, (1994)	1G.E.(n=13) 1G.C.(n=12) (68.2±1años)	I: 75 % RM. V: 3x 8 reps. Fr: 3 s/s. D: 45 semanas	▲ F.D.M.: 30-97%.	▲ Hipertrofia 58.5±13.7 % fibras T. I ▲ Hipertrofia 66.6±9.5% Fibras T. II.	... ...
Taaffe et al. (1996)	2 G.E. 1 G.C. (65-79 años)	AI: 80% RM BI:40%RM V: 3 x (7-14 reps) Fr: 3 s/s D: 52 sem.	AI: ▲59,4 ± 7.9% BI: ▲45,1± 7.9%	▲ Hipertrofia Fibras T I y II* ▲ Hipertrofia Fibras T I*	▲* =
Trappe & Cols, (2000)	1G.E. (n=7) (74.6±5.1 años)	I: 80% RM. V: 3x 10 reps. Fr: 3 s/s D: 12 sem.	▲ F.D.M.: 50±6%. Potencia: ▲128% Fibras T. I ▲61% Fibras T. II	Hipertrofia: ▲20% Fibras T. I ▲13% Fibras T. II	...
Brandon et al. (2002)	G.E. (n=12) G.C.(n=9) (66.1±4 años)	I: 50-60-70 %RM V: 3 x 8-12 reps. Fr: 3 s/s D: 96 sem.	▲ 31.4% FDM	=	=
Dunstan & cols, (2002)	2 G.E. (n=36) (60-80 años)	I: 75-85% RM V: 3 ser. 8-10 reps Fr: 3 s/s. D: 24 sem.	▲41.7% FDM tren inferior. ▲28.8% FDM tren superior.	= =	= =

Kalapothara kos et al. (2004)	2 G.E.(n=22) 1 G.C.(n=11) (60-74 años)	AI: 80% RM MI: 60% RM V: 3 x 8-15 reps. Fr: 3 s/s D: 12 sem.	AI: ▲ 66 %Tren superior ▲ 78%Tren inferior. MI: ▲ 42%Tren superior ▲ 44%Tren inferior.	Hipertrofia muslo 10,1%* Hipertrofia muslo 7.1%*	... ...
Reeves & Cols, (2004)	1G.E. (n=9) (67.1±2años) 1 G.C.(n=9) (74.3±3.5 años)	I: 70-75 % RM V: 2 x 10 reps. Fr: 3 s/s D: 14 sem	▲ F.D.M.:14% Extensiones Piernas ▲ F.D.M.: 23% Prensa de Piernas.	▲ 6% CSA	...
Seynnes et al., (2004)	2 G.E. (n=27) 1 G.C. (65-79 años)	AI: 80% RM BI: 40%RM V: 3 x 8 reps. Fr: 3 s/s D: 10 sem	AI: ▲ 57,3±4.8% FDM - ▲ 284±73.5% FR BI: ▲ 36.6±5.9% FDM ▲ 117,7±33,1%FR	......	......
Hess & Woollacott, (2005)	G.E. (n=13) 1 G.C.(n=14) (74-96 años)	I: 80 % RM V: 3 x 8reps. Fr: 3 s/s D: 10 sem	▲ 42% FDM.	...	...
Kosek et al., (2006)	2G.E. Jóvenes (n=24) (25-35 años) Mayores (n=25) (60-75 años)	I: 80%. V: 3x 8-12 reps. Fr: 3 s/s D: 16 semanas.	▲ Jóvenes: F.D.M.: 34-38% ▲ Mayores: F.D.M.: 33-49%	▲ Tamaño Fibras T. I* y II* ▲ Tamaño Fibras T. I y II*	... ...

Caserotti et al. (2007)	1G.E. (n=20) 1G.C. (n=20) (62.7 ±2.2 años). 1G.E. (n=12) 1G.C.(n=13) (81.8 ±2.7 años)	I: 75-80% RM. V: 4x 8-10 reps. Fr: 2 s/s D: 12 semanas	Grupo 60 años: ▲ F.D.M.:12% ▲ F.I.M.:18%. Grupo 80 años: ▲ F.D.M.: 28% ▲ F.I.M.: 18%	Grupo 60 años: - 3% PC* - 4% PG* Grupo 80 años: = % PC = % PG	...
Cassilhas et al. (2007)	2 G.E. (n=39) 1 G.C.(n=23) (65-75 años)	AI: 80 % RM MI: 50% RM V: 2 x 8reps Fr: 3 s/s D: 24 sem	AI: ▲ 52 % FDM MI: ▲ 41 % FDM	▲* MLG =	= =
Hakkinen & Cols (2007)	2G.E. (n=18) Jóvenes (n=8) (29años) Mayores (n=10) (>61 años)	I: 3- 15 RM V: 3-6 x 3-15 reps Fr: 3 s/s D: 13 sem	Jóvenes: ▲ F.D.M.:15,6 % Mayores: ▲ F.D.M.:16,5%	Hipertrofia 12% fibras T. I y IIa Hipertrofia 9% fibras T. I y IIa	......
Sayers, (2007)	2G.E.(n=9) 1G.C.(n=3) (74.6±1.9 años)	G.Potencia: I: 40% RM. V: 3x 12-14 reps. Fr: 3 s/s. D: 12 sem. G. Fuerza I: 80% RM. V: 3x 8-10 reps. Fr: 3 s/s. D: 12 sem.	▲ F.D.M.: 14%. ▲ Potencia: 19-28%. ▲ F.D.M.: 21%. ▲ Potencia: 9-22%.	... ...	.... ...
Hanson et al. (2009)	2 G.E. (n=50) (65-85 años)	I: 5-7-10 RM. V: 3-5 series. Fr: 3 s/s D: 22 sem.	▲ 9.1-27% FDM ▲ 18,1% Potencia ▲ 7% AVD	▲ MLG* (hombres)	=

Avila & cols, (2010)	2G.E. (n=27) (67± 4 años)	I: 50-60% RM V: 4 x 8-12 reps. Fr: 2-3 s/s. D: 10 sem.	▲ 13% FDM Tren inferior.	- 3,6% PC. - 11,2% M.G.	...
Uher et al. (2010)	G.E. (n=15) G.C.(n=15) (65-69 años)	I: 75% RM V: 1 x 12 reps Fr: 3 s/s D: 12 sem.	▲ 40% FDM. ▲ 20-40% AVD	=	...
González Jurado et al., (2011)	G.E. (n=14) (60-80 años)	I: 60-70% RM V: 4 x 10 reps Fr: 3 s/s D: 6 sem.	▲ 20-39.7% FDM. ▲ 19% Dinamometría.	▲* VO ₂ max.	...
Sousa et al. (2011)	G.E.(n=10) (73±6 años)	I: 50-80% RM V: 2-3 x 6-12 reps Fr: 3 s/s D: 14 sem.	▲ 66% FDM tren inferior. ▲ 81% FDM tren superior.	...	...
Fatouros et al (2012)	2G.E. (n=38) 1 G.C.(n=14) (71.2±4.1 años)	AI: 82 % RM BI: 55% RM V: 2-3 x 6-16 reps Fr: 3 s/s D: 24 sem	AI: ▲ 91% Tren superior — ▲ 63% Tren inferior ▲ 25.5% Potencia. BI: ▲ 66% Tren superior — ▲ 43% Tren inferior ▲ 10.3% Potencia.	- 3.4% PC - 2.6% SP - 1.9% PC - 2.6% SP	......
Pereira & Cols, (2012)	G.E.(n=28) (62.5± 5.4 años). G.C.(n=28) (62,5± 4.3 años).	I: 40-70% RM V: 3x 4-12 reps. Fr: 3 s/s D: 12 sem.	▲ F.D.M.: 57% ▲ F.I.M.: 61% ▲ Potencia: 14 - 40%	...	...

Wallerstein, & Cols., (2012)	2G.E. (n=59) (60-80 años).	IST: 70-90% RM		CSA Cuádriceps	
		VST: (2- 4 x 4-10 reps)	▲ F.D.M.: 31- 42,7% .ST	▲ ST: 6.5%	
		I PT: 30-50% RM		▲ PT 3.4%.	...
		VPT: (2-6 x 4-7 reps).	▲ F.D.M.: 25,4 -33,8% PT		
		Fr: 2 s/s.			
		D: 16 sem.			

Leyenda: FDM: fuerza dinámica máxima; FIM: fuerza isométrica máxima. C.C.: composición corporal; DMO: densidad mineral ósea; G.E.: grupo experimental; GC: grupo control; AI: alta intensidad; MI: moderada intensidad; BI: baja intensidad; ST: entrenamiento fuerza; PT: Entrenamiento de potencia; I: intensidad; V: volumen; Fr: frecuencia; D: duración programa; MLG: masa libre de grasa; CSA: área transversal de la fibra muscular; * Diferencia Significativa ($p < 0,05$); **: Diferencia muy significativa ($p < 0,005$); AVD: actividades de la vida diaria. FR: fuerza resistencia; PC: peso corporal; PG: peso graso; SP: sumatorio de pliegues; M.G.: masa grasa; =: sin cambios; ...: No estudiado; ▲: incremento significativo.

Pero no todos los entrenamientos con sobrecargas producen los mismos efectos o provocan las mismas adaptaciones. En función varían los parámetros de la carga de entrenamiento utilizados (intensidad, volumen, frecuencias, densidad, velocidad de ejecución, ejercicios utilizados) estas adaptaciones se ven modificadas, de forma que programas de entrenamiento con sobrecargas que utilizan intensidades elevadas mayores al 75% de 1 RM provocan mayores adaptaciones en la producción de fuerza muscular que los programas de intensidades moderadas o bajas.

En este sentido, los programas de entrenamiento de alta intensidad (>75% de 1 RM) están relacionados con unas mejoras en la producción de fuerza entorno al 21-97% tras una intervención de 10 a 52 semanas en personas adultas mayores de 65 años (Caserotti et al., 2007; Cassilhas et al., 2007; Dustan et al., 2002; Fatouros et al., 2005; Hakkinen et al 2007; Hess & Woollacott, 2005; Kalapotharakos et al., 2004; Kosek et al., 2006; Seynnes et al, 2004; Taaffe et al., 1996; Trappe et al., 2000; Wallerstein, et al., 2012).

Si bien los programas de entrenamiento con sobrecargas de alta intensidad tienen efectos positivos sobre la fuerza y la hipertrofia de los músculos entrenados en adultos mayores de 65 años, existen estudios que demuestran que con intensidades moderadas, comprendidas entre 60-75% de 1 RM, sujetos mayores de 65 años responden positivamente, alcanzando mejoras en la

producción de fuerza de sus músculos comprendidas entre 14-66% de 1 RM tras intervenciones de 6 a 45 semanas de duración (Brandom et al., 2002; Fatouros et al., 2005; González Jurado et al., 2011; Kalapotharakos et al., 2004; Pyka et al., 1994; Reeves et al., 2004; Sayers, 2007; Seynnes et al., 2004; Uher et al., 2010).

La evidencia científica demuestra que protocolos de entrenamiento con sobrecargas de baja intensidad (<60% de 1 RM) también ofrecen mejoras en la producción de fuerza en personas adultas mayores de 65 años, ofreciendo unos incrementos entre un 9 y el 45% (Cassilhas et al., 2007; Fatouros et al., 2005; Hakkinen et al 2007; Pereira et al., 2012; Sayers, 2007; Seynnes et al, 2004; Taaffe et al., 1996; Wallerstein, et al., 2012).

Otros autores confirman que los programas de entrenamiento con sobrecargas de baja intensidad (<60% de 1 RM) no solo producen mejoras en la fuerza máxima (43-66% de mejora) sino que también incrementan los valores de potencia muscular (10,3%) y además provocan adaptaciones significativas en la composición corporal, disminuyendo el peso corporal (-1,9%) y el sumatorio de pliegues (-2,6%) en poblaciones mayores de 70 años (Ávila et al., 2010; Pereira et al., 2012; Wallerstein et al., 2012).

Por lo tanto, existe gran evidencia sobre los beneficios del entrenamiento con sobrecargas y sus efectos en el incremento de la fuerza máxima y la potencia (Hanson y cols., 2009; Pereira et al, 2012; Uher et al., 2010) Aunque todos los entrenamientos con sobrecargas producen mejoras en la fuerza máxima, aquellos que presentan intensidades más elevadas (80% de 1 RM o más) producen mayores adaptaciones y más duraderas que protocolos de intensidades menores (Caserotti et al., 2007; Cassilhas et al., 2007; Fatouros et al., 2005; Kalapotharakos et al., 2004; Sousa et al., 2011; Taaffe et al., 1996).

En un estudio de Fatouros et al., (2005), se comparan 2 métodos de entrenamientos con sobrecargas, uno de baja intensidad (BI) (55% RM) y otro de alta intensidad (AI) (82% RM). Tras 24 semanas, rindiendo 3 sesiones por semana, se obtiene mejoras significativas en fuerza máxima, potencia y la movilidad de los sujetos en ambos protocolos. Aunque el protocolo de BI obtiene mejoras del 42-66% en fuerza máxima, 10% en potencia y un incremento del 5-7% en la movilidad, es el protocolo de AI el que mayores adaptaciones produce siendo 63-91%, 17-25% y 9-14% respectivamente. Estos datos se corresponden con los encontrados por Kalapotharakos et al., (2004) quienes también concluyen que los

programas de alta intensidad ofrecen mayores adaptaciones en la ganancias de fuerza máxima que protocolos de baja intensidad.

Otros autores como Seynnes et al., (2004) también afirman que los protocolos de alta intensidad (AI: 80% de 1 RM) producen mayores beneficios en la fuerza máxima de los adultos mayores que los programas de baja intensidad (BI: 40% de 1 RM) obteniendo mejoras del $57,3\pm 4,8\%$ en el grupo de AI y de $36,6\pm 5,9\%$ en el grupo de BI. Además los programas de alta intensidad provocan mayores incrementos en la fuerza resistencia de los músculos entrenados (AI: $284\pm 73,5\%$; BI: $117,7\pm 33,1\%$) utilizando programas de tan solo 10 semanas de duración.

Por tanto, los programas de entrenamiento con sobrecargas, con intensidades superiores al 60% de 1 RM ofrecen fuertes mejorías en la producción de fuerza de los músculos entrenados. Los estudios evidencian que el organismo del adulto mayor responde positivamente ante estos estímulos, viéndose mejoras tanto a nivel neural como a nivel muscular (hipertrofia de fibras tipo I y tipo II).

La principal limitación que se ha encontrado en la revisión de la literatura científica realizada, es que los sujetos de estudios, siendo en su mayoría personas sedentarias sin experiencias, son sometidos a pruebas de estimación de 1 RM sin apenas un periodo de adaptación o familiarización al entrenamiento adecuado. Son muchos los estudios que utilizan entre 2-3 sesiones de familiarización al entrenamiento y acto seguido, utilizan intensidades muy elevadas (superiores al 75% de 1 RM) para establecer la carga de entrenamiento, no respetando los principios biológicos básicos de progresión del entrenamiento. Esto a su vez, puede provocar que los resultados obtenidos en los tests iniciales no representen de forma fiable, el valor real de producción de fuerza de los individuos, ya sea por falta de experiencia, falta de autoconfianza y/o miedo a lesión, realizando las pruebas por debajo de su potencial real. Durante la intervención, el adulto mayor experimentará lo suficiente como para aumentar la autoconfianza y reducir el miedo a lesionarse, lo que le permitirá producir mayor fuerza sin que exista una adaptación fisiológica determinada, lo que puede repercutir y afectar a los resultados estadísticos cuando se comparen con los datos obtenidos en los post tests, ofreciendo unas mejoras, tal vez, más abultadas.

En la presente tesis doctoral se estableció un periodo de aclimatación de 3 semanas de duración, utilizando cargas moderadas bajas, seguidas de 8 semanas

de entrenamiento con una intensidad progresiva (incremento del 5% de la intensidad cada 2 semanas) con el fin de que la muestra de estudio conociera perfectamente la técnica de ejecución, se familiarizara con la carga del entrenamientos y disminuyera el miedo a realizar tensiones musculares cada vez mayores. De esta forma, evitar que la muestra sufriera alguna muerte experimental por sobreesfuerzo o lesión.

El problema de estudio que se plantea en esta tesis doctoral es conocer si estas mejoras producidas por el entrenamiento con sobrecargas en la producción de fuerza de los músculos entrenados, afectan a la consecución con éxito de las actividades de la vida diaria, incrementando la capacidad funcional del adulto mayor.

CAPÍTULO 3

OBJETIVOS E HIPÓTESIS

“Ni tú, ni yo, ni nadie, golpea más fuerte que la vida, no importa lo fuerte que golpeas, sino lo fuerte que pueden golpearte. Y lo aguantas mientras avanzas: hay que soportar los golpes sin dejar de avanzar, ¡así es como se gana!”

Rocky Balboa

3.1 OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN

Conocer los efectos de un programa de entrenamiento con sobrecargas de 8 semanas de duración de intensidad moderada alta, sobre la fuerza, la composición corporal, la resistencia y la autonomía funcional de un grupo de personas mayores de 65 años de edad.

Conocer si una mejora en la producción de fuerza mediante el entrenamiento con sobrecargas contribuye a realizar más rápida y eficazmente las tareas de la vida cotidiana.

Conocer si un entrenamiento analítico con sobrecargas de intensidades moderadas altas y descansos cortos influye en la mejora del consumo máximo de oxígeno de personas mayores de 65 años.

3.2 HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN

Con la primera hipótesis se piensa que el entrenamiento con sobrecargas influye en la composición corporal de los adultos mayores, disminuyendo el tejido adiposo e incrementando la masa libre de grasa.

En segundo lugar, el entrenamiento con sobrecargas de moderada y alta intensidad influye en la mejora de producción de fuerza de los músculos entrenados por lo que se relaciona con una mayor eficiencia y rapidez a la hora de realizar las tareas de la vida cotidiana del adulto mayor.

En tercer lugar se cree que este tipo de entrenamiento de la fuerza en circuito provoca un incremento en el consumo máximo de oxígeno debido a la sollicitación de grandes masas musculares acompañado de cortos periodos de recuperación.

CAPÍTULO 4

MATERIAL Y MÉTODO

*“Llueva, nieve, relampaguee...
si esperas las condiciones perfectas,
nunca emprenderás tu camino”*

(Anónimo)

4.1 DISEÑO

Estudio de diseño cuasi-experimental de 11 semanas de duración con mediciones repetidas, de tipo pre-post con un grupo experimental y un grupo control.

4.2 MUESTRA

Semanas previas al inicio del proyecto, se realizó una campaña de captación de muestra en el Ayuntamiento de los Narejos a través de la asociación de mayores de la localidad y la Concejalía de Deportes. También se hizo publicidad en el centro de alto rendimiento deportivo “Infanta Cristina” de los Narejos, con el fin de acercar información a posibles usuarios de la instalación. Tras la campaña de publicidad, se realizaron dos reuniones informativas, donde acudieron 64 adultos mayores de 65 años interesados en participar en el programa de entrenamiento. Durante estas dos sesiones, se informó a todos los posibles sujetos de estudio sobre las condiciones de la investigación, así como de los beneficios y riesgos inherentes al programa de entrenamiento que se les ofrecía. Los asistentes tuvieron la oportunidad de preguntar y aclarar dudas sobre las características del estudio y de los requisitos que había que cumplir para poder acceder a él. Tras ello, todos firmaron una hoja de consentimiento informado (anexo I,II y III), con el que aceptaban las normas establecidas para la participación en el proyecto de investigación.

Para seleccionar a los sujetos experimentales se realizó un muestreo intencional opinático, ya que los sujetos debían cumplir con los siguientes requisitos o criterios:

4.2.1 Criterios de Inclusión

- Ser hombre o mujer adulto/a mayor de entre 65-75 años con independencia funcional.
- No haber practicado ningún tipo de ejercicio físico con sobrecargas (musculación) en los últimos 2 años.
- No presentar ninguna patología muscular, ligamentosa, ósea, nerviosa o articular incompatible con el programa de entrenamiento.

4.2.2 Criterios de Exclusión

- Ingerir cualquier tipo de tratamiento farmacológico que pueda influir en el rendimiento (mejora o merma) del sujeto.
- Realizar otras actividades físicas con sobrecargas que pueda influir en los resultados del estudio durante su participación en el mismo.
- No respetar las pautas de entrenamiento dictadas en el estudio.
- No realizar 2 sesiones de entrenamiento del programa de 11 semanas de duración.
- No cumplir con los criterios de inclusión.

3.3 VARIABLES DE INVESTIGACIÓN

4.3.1 Variable Independiente

- Programa de entrenamiento: programa de entrenamiento con sobrecargas en circuito de intensidades comprendidas entre el 65 y el 80% de 1 RM que se realizó durante 8 semanas con una frecuencia de 3 sesiones semanas con un volumen de 3 series de 6 a 17 repeticiones (en función a la intensidad).

4.3.2 Variables Dependientes

- Composición corporal: Cantidad de tejido graso y muscular de los sujetos experimentales, medido mediante impedancia bioeléctrica doble.
- Fuerza máxima: medición de la fuerza dinámica máxima mediante test de aproximación a 1 RM.
- Autonomía funcional: protocolo de valoración de la autonomía funcional del Grupo el protocolo de batería de pruebas del grupo de desarrollo latinoamericano para la madurez (GDLAM) de valoración de la autonomía funcional de miembros superiores e inferiores
- Consumo máximo de oxígeno: se realizó una estimación del VO₂ máx mediante la prueba test de Rockport (Rippe, Ward, Porcari y Freedson, 1988) o test de la milla.

4.4 PROTOCOLO DE VALORACIÓN

Dos semanas previas al comienzo del programa de entrenamiento se realizaron todos los test y pruebas necesarias para seleccionar la muestra. En la primera semana de test, los sujetos realizaron 2 sesiones orientadas a las pruebas de composición corporal mediante bio-impedancia (Tanita BC 418) las pruebas de autonomía funcional mediante el protocolo GDLAM (Dantas & Vale, 2004; Dantas & Vale, 2008) y una estimación indirecta del consumo máximo de oxígeno a través del test de la milla o test de Rockport (Rippe, Ward, Porcari & Freedson, 1988).

Tras las primeras pruebas de valoración, se descartaron algunos sujetos que no cumplían con las exigencias del estudio, por lo que la muestra se redujo a 52 adultos mayores. La semana siguiente, en otras dos sesiones de valoración, se llevaron a cabo las pruebas de estimación de 1 RM de los 11 ejercicios de musculación que componían el programa de entrenamiento. Tras estos test, la muestra se redujo a 49 de los que 47 sujetos terminaron el programa experimental y las pruebas post-test. Por tanto, La muestra estuvo compuesta por 47 sujetos de estudio (ver tabla 7) que fueron divididos, aleatoriamente, en dos grupos. Un

grupo control (GC) compuesto por 20 sujetos (9 hombres y 11 mujeres) y un grupo experimental compuesto de 27 sujetos (10 hombres y 17 mujeres) con edades comprendidas entre los 65-75 años de edad.

Tabla 7: Características de la muestra de estudio.

	Edad (Años)	Estatura (cm)	Peso (Kg.)	IMC (Kg./m ²)
Hombres	68,80±5,43	170,33±7,73	83,90±14,79	27,78±3,57
Mujeres	69,18±4,27	160,94±9,33	71,47±9,79	27,70±4,35

Leyenda: IMC: índice de masa corporal.

4.5 INSTRUMENTOS.

4.5.1 Evaluación Antropométrica:

Con el fin de conocer el peso, la talla y la composición corporal, se realizó un estudio antropométrico. Debido a que el índice de masa corporal (IMC) relaciona el peso corporal por la talla del sujeto, da como resultado la cantidad de masa en kilogramos entre la superficie que ocupa en metros cuadrados. Este dato, no especifica ni la cantidad, ni de qué tipo de tejido (graso, muscular, óseo) se compone dicha masa. Para poder conocer la composición corporal de cada sujeto se realizó una impedancia bioeléctrica doble mediante un analizador de la composición corporal por segmentación con medida del tronco y de cada uno de los miembros, mediante 8 electrodos (Tanita BC 418) con la que se obtuvo los datos referidos cantidad en % y Kg de masa grasa, masa libre de grasa y masa ósea del organismo en general y de cada miembro corporal.

Procedimiento

Una semana antes de comenzar el programa experimental, se realizó las mediciones antropométricas de los sujetos. La valoración se llevó a cabo en una habitación acondicionada para tal acontecimiento, donde la temperatura se mantuvo a 20-22°C para el confort de los sujetos. Los participantes respetaron un estricto protocolo recomendado por Alvero-Cruz et al. (2011) con el fin de obtener

la mayor fiabilidad y validez posible en la realización del test. En este protocolo se establece las siguientes pautas:

- No haber realizado ejercicio intenso en las 24 horas previas al test.
- Orinar antes de las mediciones.
- Medir el peso y la talla en cada evaluación.
- Instauración previa de un tiempo de 8-10 minutos en posición de decúbito supino.
- Correcta posición de los electrodos.
- Separar brazos y piernas del tronco.
- Retirar los elementos metálicos.
- Consignar situaciones como obesidad abdominal marcada, masa muscular, pérdidas de peso, ciclo menstrual y menopausia.

Una vez cumplido los requisitos previos, se les pidió que se descalzasen y se incorporaran al analizador de composición corporal (Tanita BC 418) mientras éste realizaba la toma de datos.

Una vez obtenidos los datos de las mediciones, se registraron en una hoja de cálculo de Microsoft Excel para obtener los resultados del estudio antropométrico.



Ilustración 1: Test de impedancia bioeléctrica doble.

4.5.2 Evaluación de la Fuerza Máxima

Teniendo en cuenta que existe una relación muy significativa entre la resistencia muscular (nº de repeticiones hasta la fatiga muscular) y el porcentaje del 1RM levantado (Brzycki, 1993), se calculará el 1 RM basándose en pruebas de estimación de resistencia a la fuerza hasta conseguir el fallo muscular del sujeto testeado. Los test de aproximación a 1 repetición máxima (RM) se realizaron en una sala de musculación equipada con máquinas y peso libre de la marca "Technogym" con el fin de conocer la fuerza dinámica máxima (FDM) de cada sujeto. Se utilizaron 9 máquinas de musculación que implicaban a la mayoría de la musculatura superficial del cuerpo (press de banca inclinado, remo bajo, extensiones de piernas, curl femoral, aductores de cadera, abductores de cadera, extensiones de tobillo, extensiones de cadera y press de hombros) y dos mancuernas de peso libre para realizar ejercicios específicos del miembro superior (curl de bíceps y extensiones de codo). Debido a que los sujetos eran inexpertos en el entrenamiento con sobrecargas, se seleccionaron 9 ejercicios guiados en máquinas con el objetivo de evitar posibles movimientos potencialmente peligrosos para el organismo, disminuyendo así, el riesgo relativo de sufrir una lesión por sobreuso de una articulación o tejido corporal o por una mala higiene postural.



Figura 7 : Ejercicios de musculación del programa de entrenamiento

Procedimiento

Una semana posterior a las pruebas de composición corporal y consumo máximo de oxígeno, se llevaron a cabo los test de aproximación a 1 RM. El protocolo que se siguió en la realización de los tests fue idéntico para todos los ejercicios. Antes de comenzar los tests se explicaron qué finalidad poseen y en qué consisten. Previo a la realización de los test, se llevó a cabo un calentamiento general de 5 minutos de duración de ejercicio aeróbico (paseo a paso ligero por pista polideportiva). Tras él, se realizó un calentamiento específico del ejercicio a testear. Se realizaron 3 series de calentamiento de 20, 15 y 10 repeticiones. La carga fue incrementándose a medida que se realizaban un menor número de repeticiones. Se tomó una pausa de 1 minuto entre las series de calentamiento y de 2 minutos entre la última y la realización del test. Al ser sujetos inexpertos, se les pidió que se colocaran una carga superior a la que estaban realizando en las series previas y que fuera tal, que no pudiesen movilizarla más de 8-12 veces. Se consideró que el test se daba por finalizado cuando el sujeto fuese incapaz de realizar una repetición completa más, o que la ejecución técnica (rango de movimiento, utilización de movimientos compensatorios) no fuese la correcta.

Los tests de aproximación a 1 RM, se dividieron en 2 días no consecutivos (48 horas de recuperación). Se les pidió a los sujetos que no realizaran esfuerzos intensos 48 horas previas a los tests. En el primer día de tests se realizaron los siguientes ejercicios guiados: press de banca inclinado, aductor de cadera, press militar, extensiones de rodilla y extensiones de cadera. El segundo día de tests de fuerza se realizará 48 horas después del primero. En este día se realizarán el resto de ejercicios de musculación. Estos fueron: abducciones de cadera, curl femoral sentado, extensiones de tobillo sentado, remo bajo, curl de bíceps sentado y patadas de tríceps.

Los ejercicios de musculación han sido seleccionados por involucrar a grandes grupos musculares. Este tipo de ejercicios procurará una gran participación del sistema cardiorrespiratorio y por tanto un gasto calórico importante, además de una posible mejora del sistema nerviosos, incidiendo en la coordinación intermuscular de los grupos musculares implicados en el ejercicio y aumentando la fuerza del sujeto (Cometti, 2005; Wilmore & Costill, 2006).

En una hoja de registro Ad-hoc se registraron las repeticiones y los kilogramos desplazados en cada ejercicio. Una vez obtenidos los datos correspondientes a los test de fuerza dinámica máxima, se usaron las fórmulas estandarizadas de Epley (1985) y Mayhew et al., (1995) (citados en Colado, 1996; Jiménez, 2005) para obtener los RM de cada ejercicio y sujeto.

4.5.3 Evaluación de la Autonomía Funcional.

Para medir la autonomía funcional en las actividades de la vida diaria (AVD) de los adultos y mayores, se utilizó el protocolo de batería de pruebas del grupo de desarrollo latinoamericano para la madurez (GDLAM) de valoración de la autonomía funcional de miembros superiores e inferiores (Dantas & Vale, 2004; Dantas & Vale, 2008).

El protocolo GDLAM estuvo formado por las siguientes pruebas:

- Caminar 10m (C10m), el propósito de este test fue evaluar la velocidad que el individuo necesita para recorrer la distancia de 10 metros caminando, sin llegar a correr.
- Levantarse de la posición sentada (LPS), la prueba tuvo como objetivo evaluar la capacidad funcional de la extremidad inferior.
- Levantarse de la posición decúbito ventral (LPDV), El propósito de este test fue evaluar la habilidad del individuo para levantarse desde el suelo.
- Levantarse de la silla y moverse por la casa (LCLC), el objetivo fue evaluar la capacidad de las personas mayores en la agilidad y el equilibrio en situaciones de la vida cotidiana.
- El test de vestir y quitar una camiseta (VTC), este test tuvo como objetivo evaluar la agilidad y la coordinación de los miembros superiores.
- Todas estas pruebas serán utilizadas para calcular el índice de autonomía GDLAM (IG).

Procedimiento

Las pruebas correspondientes al protocolo GDLAM con el fin de conocer la capacidad de autonomía funcional de los sujetos de estudio, se realizaron en la pista de un pabellón polideportivo cubierto, para evitar que agentes climáticos (temperatura, viento, lluvia) pudiesen influir en las realización de los tests. Los sujetos experimentales realizaron un calentamiento previo, dirigido por un licenciado en ciencias de la actividad física y del deporte y especialista en el entrenamiento personal, con el fin de preparar el organismo para las exigencias de los tests. El calentamiento constó de movilidad articular tanto de los miembros superiores como de los inferiores y del tronco, así como de 5 minutos de actividad vegetativa, ejercicios de activación muscular (flexiones de brazo inclinadas sobre un muro y sentadillas) y estiramientos activos de los principales grupos musculares. Una vez acabado el calentamiento, se explicaron y se ejemplificaron cada uno de los test de forma que no quedase dudas sobre su realización.

El primero de los tests a realizar fue el “Caminar 10m” en línea recta. Este test consiste en caminar lo más rápidamente posible, sin llegar a correr (no puede existir fase aérea en el desplazamiento) una distancia de 10 metros y controlar el tiempo empleado en ello (Sipilä, Multanen, Kallinen, Era, & Suominen, 1996).



Ilustración 2: Test de caminar 10 metros.

En el segundo test “Levantarse de la posición sentada”, el sujeto experimental debía estar sentado en una silla fijada en el suelo, y con los brazos cruzados sobre su pecho, debía levantarse y sentarse 5 veces sobre el asiento (Guralnik et al., 2000). Para que la ejecución sea correcta, el sujeto debe estirar completamente las rodillas al levantarse y apoyar completamente sus glúteos sobre el asiento al sentarse. La prueba quedaba invalidada si el sujeto se ayudaba de los brazos para levantarse o no cumplía con los criterios antes mencionados. Se tomó el tiempo empleado para realizar la prueba.



Ilustración 3: Test de levantarse y sentarse de una silla.

El tercero de los tests, “Levantarse de la posición decúbito ventral”, consistió en valorar el tiempo que necesita el sujeto experimental en pasar de una posición decúbito ventral con los brazos pegados a lo largo del cuerpo a una posición de bipedestación controlada (Alexander et al., 1997).



Ilustración 4: Test de levantarse del suelo en posición decúbito ventral.

El cuarto test “Levantarse de la silla y moverse por la casa”, consistió en la realización de un pequeño circuito donde el sujeto experimental debía levantarse de una silla y desplazarse en un recorrido en forma de V, caminando a la máxima velocidad posible sin llegar a correr. El objetivo fue evaluar la capacidad de las personas mayores en la agilidad y el equilibrio en situaciones de la vida cotidiana. Con una silla fija en el suelo, se colocaron dos conos de demarcación de la silla en diagonal a una distancia de cuatro metros hacia detrás y tres metros hacia los lados (derecho e izquierdo). El individuo comienza la prueba sentado en la silla con los pies de la tierra, y la señal de “YA”, se levanta, se mueve a derecha, rodea el cono vuelve a la silla, se sienta y retira ambos pies del suelo. Sin duda, hace el mismo movimiento hacia la izquierda. Inmediatamente, comienza la nueva ruta a la derecha y la izquierda, y hace todo el recorrido y dando vueltas cada cono dos veces, en el menor tiempo posible (Andreotti & Okuma, 1999).





Ilustración 4 y 5: Test de levantarse de la silla y caminar por la casa

El quinto test “El test de vestir y quitar una camiseta”. Este test tenía como objetivo evaluar la agilidad y la coordinación de los miembros superiores (Dantas & Vale, 2004). El individuo debe estar de pie, con los brazos a lo largo del cuerpo y con una camiseta de talla “L” (Europa) en una de las manos. A la señal de “YA”, debe vestir la camiseta e, inmediatamente, quitársela, retornando a la posición inicial.



Ilustración 7: Test de vestir y quitar una camiseta

4.5.4 Determinación Indirecta del VO₂máx.

Para conocer el estado de la capacidad aeróbica de los sujetos de estudio, se les sometió a un test de Rockport (Rippe, et al., 1988) o test de la milla. Este test estima, de forma indirecta, el consumo máximo de oxígeno de un sujeto de baja condición física en base a su peso corporal, su edad, sexo, el tiempo empleado en terminar la distancia y la frecuencia cardiaca al finalizar.

Procedimiento:

El test consiste en recorrer andando (no corriendo) según el ritmo personal del ejecutante, la distancia de una milla (1609 metros), controlando la frecuencia cardiaca al terminar el recorrido, así como el tiempo empleado. Los sujetos de estudio realizaron el test en el paseo marítimo de los Narejos, anexo al Centro de Alto Rendimiento "Infanta Cristina". Se medió una distancia de 400,2 metros la cual se realizó en dirección de ida y vuelta por duplicado para cubrir la distancia total de 1609 metros. Justo al acabar, a cada sujeto se le medió la frecuencia cardiaca y el tiempo empleado en completar el recorrido. El VO₂ máximo se obtuvo a partir de la siguiente ecuación:

Tabla 8: Fórmula estimación VO₂ máx. mediante la prueba de la milla (Rippe et al, 1988)

$$\text{VO}_2 \text{ máx} = 132,6 - (0,17 \times \text{PC}) - (0,39 \times \text{Edad}) + (6,31 \times \text{S}) - (3,27 \times \text{T}) - (0,156 \times \text{FC})$$

Leyenda: PC: Peso corporal; S: Sexo (0: mujeres, 1: hombres); T: Tiempo en minutos; FC: Frecuencia cardiaca.



Ilustración 8 y 9: Test de la Milla

4.6 PROCEDIMIENTO

Al tratarse de un estudio cuasi-experimental con seres humanos, la presente tesis doctoral fue aprobada por el Comité de Ética de la Universidad Católica San Antonio de Murcia (anexo IV). Los sujetos experimentales realizaron una valoración inicial, una familiarización con el entrenamiento con sobrecargas de 3 semanas de duración, un programa de entrenamiento de 8 semanas de duración y una valoración final.

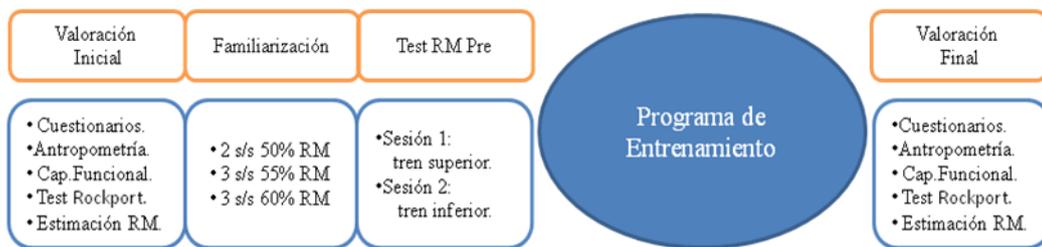


Figura 8: Esquema procedimiento llevado a cabo en el estudio

4.6.1 Evaluación Inicial

Para conocer el estado de las diferentes capacidades de estudio se utilizaron varios tests y pruebas consolidadas y validadas por la comunidad científica. La evaluación inicial se realizó 2 semanas antes de comenzar el programa de entrenamiento. Esta evaluación constó de:



Figuras 9: Cronograma valoración, una semana previa al comienzo del estudio.

4.6.2. Programa de entrenamiento

Tras la realización de la valoración inicial y el programa de familiarización con el entrenamiento con sobrecargas, se llevó a cabo un programa de entrenamiento de la fuerza resistencia de 8 semanas de duración. Durante este programa, los sujetos experimentales se ejercitaron 3 sesiones a la semana en días alternos, de forma que se establecía un descanso entre sesiones de al menos 48 horas.

Los efectos beneficiosos del entrenamiento de fuerza dependen de la manipulación de numerosos factores, como la intensidad de la carga, el volumen y frecuencia de entrenamiento, el tiempo de recuperación y la velocidad de movimiento que según los objetivos y metas que se pretendan alcanzar se modificarán de una forma u otra (Bird, Tarpenning & Marino, 2005; Hass, Feigenbaum & Franklin, 2001; Sakamoto & Sinclair, 2006; Spreuwenberg & cols 2006; Wolfe, LeMura & Cole, 2004). La magnitud de la carga de entrenamiento del presente estudio se estableció de la siguiente forma:

4.6.2.1 Intensidad.

No existe un consenso respecto a la intensidad ideal de entrenamiento, ya que todos los programas que presentan intensidades superiores al 40% de 1RM procuran mejoras en la fuerza máxima de los adultos mayores. Basándose en la bibliografía específica (Ávila et al., 2010; Brandon et al., 2002; Cassilhas et al., 2007; Dunstan et al., 2002; Fatouros et al., 2005; Gonzalez-Jurado et al., 2011; Hakkinen et al., 2007; Hess & Woollacott, 2005; Kalapotharakos et al., 2004; Pereira et al., 2012; Pyka et al., 1994; Reeves et al., 2004; Seynnes et al., 2004; Sousa et al., 2011; Taafe et al., 1996; Uher et al., 2010; Wallestein et al., 2012) se planteó un protocolo de entrenamiento basado en la fuerza resistencia utilizando cargas entre el 65-80% de 1RM. La intensidad fue incrementándose de forma progresiva cada dos semanas (ver figura 3) respetando los principios de progresión de la carga de entrenamiento.

4.6.2.2 Volumen.

El volumen de entrenamiento se calcula como el producto del número de repeticiones completadas por serie de ejercicios y el número de series realizadas

por sesión (Hass et al, 2001). Aunque con una sola serie o vuelta se pueden crear adaptaciones sobre la fuerza en personas sedentarias (ACSM, 1998, 2000 & 2010), un mayor volumen de entrenamiento está relacionado con mayores mejoras en hipertrofia muscular y $VO_{2m\acute{a}x}$. (Warburton, et al., 2001). Además, los tiempos de recuperación deben ser cortos con el fin de mantener la frecuencia cardiaca elevada y en un estado estable, esto conseguirá influir en la mejora del sistema cardiovascular, aumentar el gasto energético durante el ejercicio y tras éste (Halton et al., 1999). Esto también permite aumentar la participación de los ácidos grasos como fuente de energía al entrenamiento (Orquín et al., 2009b). Por ello, se estableció un volumen de entrenamiento de 3 series o vueltas al circuito de 11 estaciones, realizando un total de de 6 a 12 repeticiones (6 repeticiones para intensidades elevadas 80% de 1 RM y 12 para cargas más livianas del 65% de 1 RM). Se planteó tiempos de descansos cortos, de 10 segundos entre series de baja intensidad y de 60 segundo entre series de alta intensidad, tomando una pausa entre 10 a 60 segundos de duración.

4.6.2.3 Frecuencia

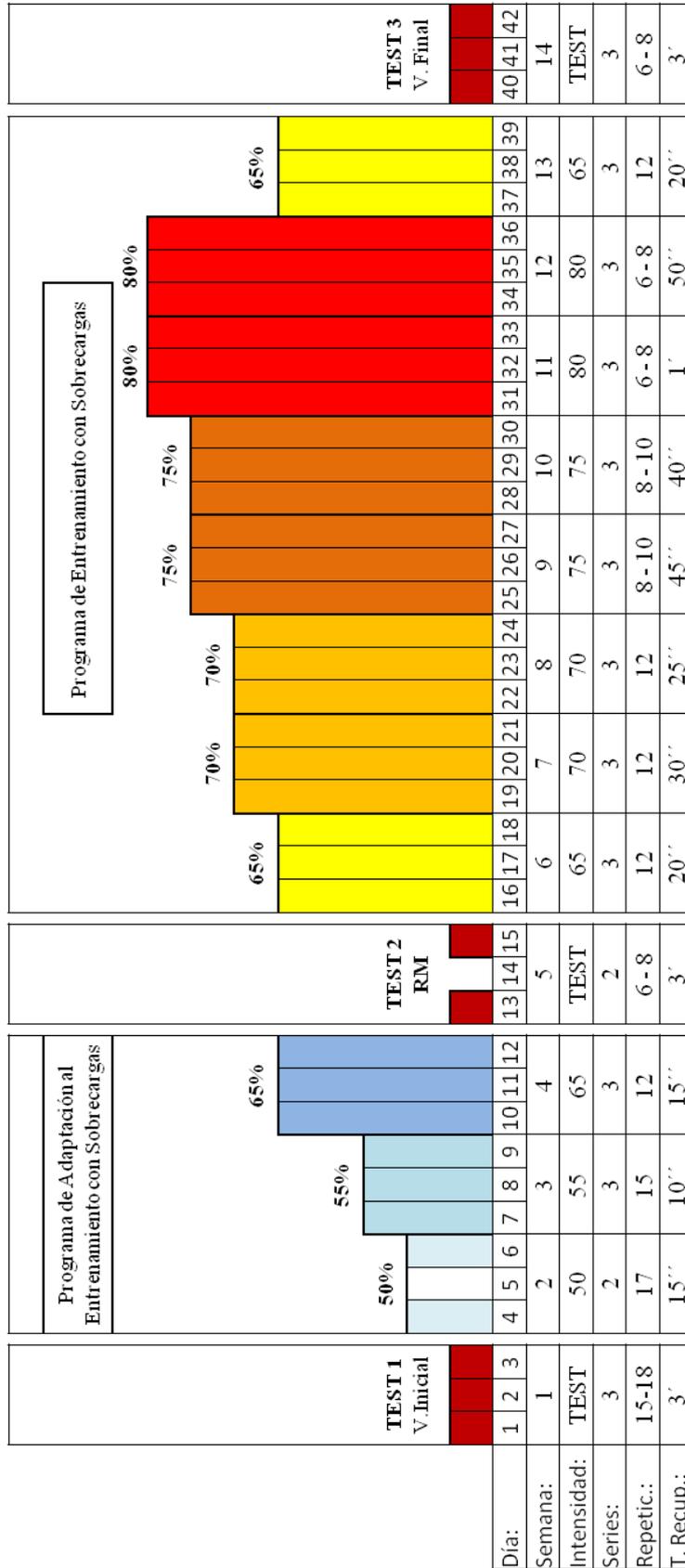
La gran mayoría de los estudios revisados establecen como frecuencia de entrenamiento óptima 3 sesiones a la semana. En este estudio se propusieron 3 sesiones por semana con una recuperación de, al menos, 48 horas entre sesión (ACSM, 2010; Brandon et al., 2002; Cassilhas et al., 2007; Dunstan et al., 2002; Fatouros et al., 2012; Gonzalez-Jurado et al., 2011; Hakkinen et al., 2007; Hess & Woollacott, 2005; Kalapotharakos et al., 2004; Pereira et al., 2012; Pyka et al., 1994; Reeves et al., 2004; Seynnes et al., 2004; Sousa et al., 2011; Taaffe et al., 1996; Uher et al., 2010)

4.6.2.4 Selección de Ejercicios

El programa de intervención constó de 11 ejercicios de musculación realizados mediante un método de entrenamiento en circuito, donde se alternaban ejercicios del hemisferio corporal superior con ejercicios del hemisferio corporal inferior para incidir en una mayor implicación del sistema cardiovascular. Con el objetivo de buscar el mayor gasto calórico así como posibles adaptaciones cardiovasculares, los ejercicios fueron seleccionados por implicar a grandes masas musculares, ya que según Stone (1993), el

entrenamiento de fuerza debe implicar grandes grupos musculares con ejercicios poliarticulares, con gran volumen de trabajo (muchas series y repeticiones) para así producir mayores modificaciones en la composición corporal.

Siguiendo a Feigenbaum y Pollock (1999) la mayoría de los ejercicios (9 de los 11) se realizaron en máquinas de musculación guiadas (marca Technogym), ya que ofrecen un ejercicio totalmente guiado, con 5 puntos de apoyos que hacen al ejercicio más estable y seguro, sin posibilidad de realizar movimientos potencialmente lesivos, donde el aumento de la intensidad se puede regular progresivamente y la higiene postural del raquis dorso-lumbar se puede mantener con mayor facilidad, salvaguardando su integridad.



Figuras 10: Planificación del programa experimental.

4.6.3. Programa de adaptación con sobrecargas

Debido a que los sujetos no presentaban ninguna experiencia con el entrenamiento con sobrecargas, los primeros test de RM podrían ofrecer unos resultados que poco tuviesen que ver con la realidad. Una crítica común que se puede realizar a los estudios de investigación de mejoras de la fuerza inducida por el entrenamiento con sobrecargas en los sujetos mayores, es que los cambios producidos en los test de RM pueden ser provocados en gran medida por factores diferentes a los conseguidos por las adaptaciones fisiológicas al entrenamiento, tales como una mayor confianza y autoestima (Kosek et al., 2006). Cuando una persona mayor se enfrenta por primera vez a ejercicios de musculación puede presentar desconfianza a realizar tensiones musculares elevadas por miedo sufrir una lesión. Por ello es imprescindible realizar una adecuada familiarización con el entrenamiento para aumentar la confianza y la autoestima del sujeto mayor.

Por tanto, con el objetivo de introducir a los sujetos inexpertos en el entrenamiento con sobrecargas para, con posterioridad, obtener resultados más fiables en los test de RM previos a la investigación principal, se planteó un programa de familiarización al entrenamiento durante las 3 semanas posteriores a la valoración inicial. Éste estuvo compuesto por los 11 ejercicios de musculación que posteriormente se utilizaron en la parte principal de la investigación. En función a los valores estimado de las pruebas de RM, durante las tres semanas de familiarización, las intensidades del entrenamiento se establecieron entorno el 50 y el 65% del RM, ya que al ser cargas bajas-moderadas, fueron ideales para iniciar a los sujetos inexpertos en el entrenamiento con sobrecargas (Ávila et al., 2010; Fatouros et al., 2012; Pereira et al., 2011; Sousa et al., 2012).

Entendiendo el volumen de entrenamiento como el número de repeticiones completadas por serie y el número de series completadas por entrenamiento (Hass et al., 2001), durante el periodo de familiarización los sujetos experimentales realizaron de 2 a 3 series de cada ejercicio para un total de 12-17 repeticiones por serie (17 repeticiones para una intensidad del 50% del RM y 12 repeticiones para una intensidad del 65%). La magnitud de la carga fue incrementándose de forma gradual, de modo que en la primera semana se realizaron 2 sesiones de entrenamiento, a una intensidad del 50% de 1 RM, con un total de 2 series (o vueltas al circuito) de 17 repeticiones, manteniéndose una

recuperación entre series de 10 segundos y de 72 horas entre sesión. Durante la segunda semana, la intensidad se estableció en el 55% de 1 RM, para 3 series de 15 repeticiones con un descanso de 10 segundos entre series y de 48h entre sesiones de entrenamiento. En la última semana, se estableció la intensidad entorno al 65% de 1 RM, realizándose un total de 3 series de 12 repeticiones manteniendo un descanso entre series de 15 segundos y de 48 horas entre sesión.

4.6.4. Programa de entrenamiento con sobrecargas

4.6.4.1. Calentamiento

La sesión de entrenamiento comenzaba con un calentamiento general, compuesto por ejercicios de movilidad articular de tobillo, rodillas, cadera, hombros, codos y muñecas, con el fin de lubricar las articulaciones y facilitar el movimiento posterior. Tras ello, se realizaban 5 minutos de actividad vegetativa (andar a paso ligero sin llegar a correr) a una intensidad de 45-50% de la frecuencia cardiaca de reserva con el objetivo de elevar la temperatura de la musculatura, aumentar la frecuencia cardiaca y preparar los sistemas centrales para el esfuerzo posterior. Tras ello, se realizaban estiramientos activos y dinámicos de los grupos musculares que se utilizarían en la parte principal del entrenamiento como recomiendan Ayala, Sainz de Baranda y Cejudo (2012) con el objetivo de activar y preparar a la musculatura para el entrenamiento con sobrecargas posterior

Una vez finalizado el calentamiento general, se llevaba a cabo un calentamiento específico, que constaba de la realización de ejercicios de fortalecimiento muscular con autocargas. En este sentido se realizaban 2 series de 12 repeticiones de media sentadillas y flexiones de brazo sobre la pared, tomando un descanso entre series y ejercicios de 20 segundos.



Ilustración 10: Ejercicio cardiovascular de calentamiento

4.6.4.2. Entrenamiento principal

Los sujetos se ejercitaron con intensidades comprendida entre el 65-80% de 1RM, ejecutando un total de 6 a 12 repeticiones por ejercicio (6 repeticiones para el 80% de 1 RM, 8 repeticiones para el 75% de 1 RM, 10 repeticiones para el 70% de 1 RM y 12 repeticiones para el 65% de 1 RM) y completando 3 vueltas al circuito de entrenamiento. En base a la intensidad, el tiempo de recuperación fue variando, incrementándose según aumentaba la intensidad de la carga, de tal forma que los descansos oscilaron entre los 15 y los 60 segundos. Además de los criterios de la carga antes mencionados, se mantuvo el control de la velocidad de ejecución de los sujetos experimentales, quienes fueron entrenados durante la fase de adaptación para realizar movimientos controlados (1, 0, 2) donde se invirtiera 1 segundo en la activación concéntrica y 2 segundos para la activación excéntrica. Según fue evolucionando el entrenamiento, los sujetos utilizaron velocidades de ejecución más rápidas (<1, 0, 1).



Ilustración 11: Entrenamiento principal de los sujetos experimentales.

4.6.4.3. Vuelta a la calma

Una vez finalizado el entrenamiento con sobrecargas, los sujetos experimentales realizaban 5 minutos de recuperación pasiva acompañado de estiramientos estáticos con el fin de bajar la activación del organismo (Ayala, Sainz de Baranda y Cejudo, 2012).



Ilustración 12: estiramientos pasivos en la vuelta a la calma.

4.6.5. Valoración Final

Una vez finalizadas las 8 semanas de entrenamiento, se llevaron a cabo las mismas pruebas y test que se realizaron en la evaluación inicial, respetando el mismo orden y los mismos protocolos de realización.

Questionarios C. Corporal A. Funcional	Descanso	RM Tren superior Test Milla	Descanso	RM Tren Inferior	Descanso	Descanso
Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7

Figuras 11: Cronograma valoración, una semana tras finalizar el estudio.

4.7 Análisis estadístico

Los datos fueron tratados por el programa estadístico Predictive Analytics Software (PASW Statistics 18) y presentados como media y desviación estándar. Los test de Shapiro-Wilk y Levene fueron utilizados para el análisis de normalidad y homogeneidad de la varianza de los datos de la muestra, respectivamente. Se empleó el análisis de varianza con medidas repetidas en los factores grupos (GE y GC) y tiempo (pre y pos-test), seguida de post hoc de Bonferroni para identificar las posibles diferencias intra e intergrupos así como también se calculó la potencia estadística de los datos. Las variables que no presentaran normalidad u homogeneidad de varianza fueron sometidas al ajuste de los datos a través del test de Bonferroni.

El valor de $p < 0.05$ fue utilizado para la significación estadística.

CAPÍTULO 5

RESULTADOS

“El deporte tiene el poder de transformar el mundo. Tiene el poder de inspirar, de unir a la gente como pocas otras cosas...Tiene más capacidad que los gobiernos, de derribar barreras raciales”

Nelson Mandela

A continuación se exponen los resultados encontrados en la composición corporal, la estimación de 1 RM, la capacidad funcional y la estimación del consumo máximo de oxígeno tras 8 semanas de entrenamiento con sobrecargas con personas adultas mayores de 65 años.

En las tablas 9 y 10 se pueden observar las características antropométricas del grupo experimental antes del comienzo del estudio. Se comprueba que el grupo de personas presenta unas características antropométricas homogéneas en todas las variables de estudio.

Tabla 9: Características de la muestra masculina experimental pre entrenamiento

	Edad (años)	Peso (Kg.)	Grasa (%)	M.M. (%)	IMC (Kg./m²)
Hombres	68,80±5,43	83,90±14,79	27,80±5,86	60,10±9,57	27,78±3,57
Sig.	0,963	0,866	0,988	0,839	0,953

Leyenda: M.M: % masa muscular; IMC: índice de masa corporal; Sig: significación estadística.

Tabla 10: Características de la muestra femenina experimental pre entrenamiento.

	Edad (años)	Peso (Kg.)	Grasa (%)	M.M. (%)	IMC (Kg./m²)
Mujeres	69,18±4,27	71,47±9,79	36,53±6,53	45,06±5,33	27,70±4,35
Sig.	0,940	0,991	0,695	0,540	0,836

Leyenda: M.M: % masa muscular; IMC: índice de masa corporal; Sig: significación estadística.

En la tabla 11 se exponen los resultados en composición corporal de todos los sujetos experimentales. Se observa que mientras que las variables de peso e IMC no sufren cambio estadísticos alguno, las variables relacionadas con la masa grasa y la masa libre de grasa si sufren cambios estadísticamente significativos. Los datos muestran que los sujetos experimentales reducen significativamente ($p < 0,000$) su masa grasa en un 4,23% lo que significa una pérdida de 1,3 kilogramos de media.

La variable masa libre de grasa también sufre cambios estadísticamente muy significativos ($p < 0,000$) aumentando en 2,62% lo que significa un incremento de 1 kilogramo de masa muscular de media.

Tabla 11: Comparación entre pre y post test en composición corporal de la muestra experimental.

	Altura (cm)	Peso (Kg.)	IMC (Kg./m ²)	Grasa (%)	M.M. (%)	Grasa (Kg.)	MM (Kg.)
Pre	153,85±40,57	76,07±13,12	27,73±4,02	33,30±7,52	50,63±10,19	25,44±7,56	39,63±14,79
Post	153,85±40,58	76,26±12,85	27,84±4,02	31,89±7,62	51,96±10,45	24,41±7,37	40,63±14,91
Sig.	1,000	0,466	0,254	0,000	0,000	0,002	0,000

Leyenda: M.M: % masa muscular; IMC: índice de masa corporal; Sig: significación estadística;

*:cambio estadísticamente significativo; **: cambio estadísticamente muy significativo.

En las tablas 12 y 13 se presentan los resultados obtenidos en la composición corporal diferenciados por sexo (hombres y mujeres) tras el programa de intervención con sobrecargas de 8 semanas de duración. Mientras que el peso y el índice de masa corporal se mantienen sin cambios apreciables, las variables de masa grasa y masa magra presentan cambios estadísticamente significativos ($p < 0,05$).

La muestra masculina (tabla 12) presenta una disminución significativa ($p < 0,034$) en la masa grasa del 5,04% que corresponde a una pérdida de 1,03 kilogramos y un incremento muy significativo ($p < 0,002$) en la masa muscular del 3,16% que corresponde a un aumento de 1 kilogramos de media en la masa libre de grasa.

Tabla 12: comparación entre pre y post test de composición corporal en hombres.

	Altura (cm.)	Peso (Kg.)	IMC (Kg./m ²)	Grasa (%)	M.M. (%)
Hombres Pre-test	173,30±7,76	83,90±14,79	27,79±3,59	27,80±5,86	60,10±9,57
Hombres Post-test	173,30±7,77	84,40±13,66	28,04±3,39	26,40±5,21	62,00±9,36
Sig.	1,000	0,343	0,202*	0,034*	0,002**

Leyenda: M.M: % masa muscular; IMC: índice de masa corporal; Sig: significación estadística;

*:cambio estadísticamente significativo; **: cambio estadísticamente muy significativo.

En cuanto a la muestra femenina (tabla 13), los resultados son similares. Tanto las variables de peso e IMC, se mantienen sin cambios apreciables, mientras que se observan cambios estadísticamente significativos en las variables de masa grasa y masa magra. Las mujeres presentan una disminución significativa ($p<0,05$) en la masa grasa del 3,86% que corresponde a una pérdida media de 1,2 kilogramos y un incremento estadísticamente significativo ($p<0,000$) en la masa magra del 2,22% que corresponde a un aumento de 0,83 kilogramos de media en la masa libre de grasa.

Tabla 13: Comparación entre pre y post test de composición corporal en mujeres

	Altura (cm.)	Peso (Kg.)	IMC (Kg./m ²)	Grasa (%)	M.M. (%)
Mujeres Pre-test	160,94±9,33	71,47±9,79	27,70±4,35	36,53±6,53	45,06±5,33
Mujeres Post-test	160,94±9,33	71,47±9,87	27,72±4,46	35,12±7,02	46,06±5,30
Sig.	1,000	1,000	0,822	0,05	0,000

Leyenda: M.M: % masa muscular; IMC: índice de masa corporal; Sig: significación estadística;

*:cambio estadísticamente significativo; **: cambio estadísticamente muy significativo.

Con respecto a los resultados en los test de estimación de 1 RM los sujetos experimentales obtuvieron adaptaciones muy significativas incrementando la fuerza de los grupos musculares entrenados. Mientras que los sujetos mujeres obtuvieron mejoras en todos y cada uno de los ejercicios del programa de entrenamiento, los sujetos experimentales hombres, incrementaron de forma significativa la fuerza en 10 de los 11 ejercicios. Por otro lado, grupo control no sufrió adaptación alguna (tabla 14 y 15) pues no se obtuvieron cambios significativos.

En la tabla 14 se observa que los sujetos experimentales hombres presentan unos incrementos en los test de 1 RM del $50,37 \pm 29,7\%$. Los datos muestran que los ejercicios en los que el aumento fue mayor fueron press militar (125,87%), press de banca (82,40%) y extensiones de codo (53,92%), mientras que los ejercicios que menos incrementaron fueron curl femoral (26,24%), extensiones de cadera (32,17%) y abducción de cadera (35,13%).

Tabla 14: Comparación entre pre y post de los test de estimación de 1 RM en los ejercicios de fuerza en hombres.

	Grupo Experimental			Grupo Control		
	Pre-test (Kg.)	Post-test (Kg.)	Sig.	Pre-test (Kg.)	Post-test (Kg.)	Sig.
PB	21,9±6,33	39,97±12,76	0,000	24,11±4,77	25,08±4,79	1,000
AD	56,78±15,49	78,57±19,01	0,010	54,73±8,07	55,01±7,11	1,000
PM	12,96±7,91	29,52±11,21	0,000	12,61±2,28	12,42±2,14	1,000
ER	49,19±15,35	68,26±15,27	0,046	45,42±13,12	44,83±12,94	1,000
EC	45,64±13,90	60,32±13,90	0,120	42,54±9,44	42,12±9,49	1,000
AB	68,79±19,71	92,96±18,86	0,009	68,76±8,30	68,58±7,90	1,000
CF	56,37±11,12	71,16±14,31	0,025	50,50±6,41	51,01±6,64	1,000
GEM	64,78±18,69	91,69±8,48	0,001	60,48±8,90	60,73±8,48	1,000
REM	59,43±6,20	81,13±12,96	0,000	50,80±8,90	51,09±8,68	1,000
CB	9,52±2,56	13,44±3,97	0,015	8,67±1,22	8,53±1,34	1,000
TRI	9,07±3,87	13,96±4,76	0,021	7,50±1,70	7,61±1,62	1,000

Leyenda: PB: press de banca; AD: Aductor de cadera; PM: Press militar; ER: Extensión de rodilla; EC: Extensión de cadera; AB: Abductor de cadera; CF: curl femoral; GEM: extensión de tobillos; REM: Remo sentado; CB: Flexión de codos; TRI: Extensión de codo; Sig.: Significación estadística.

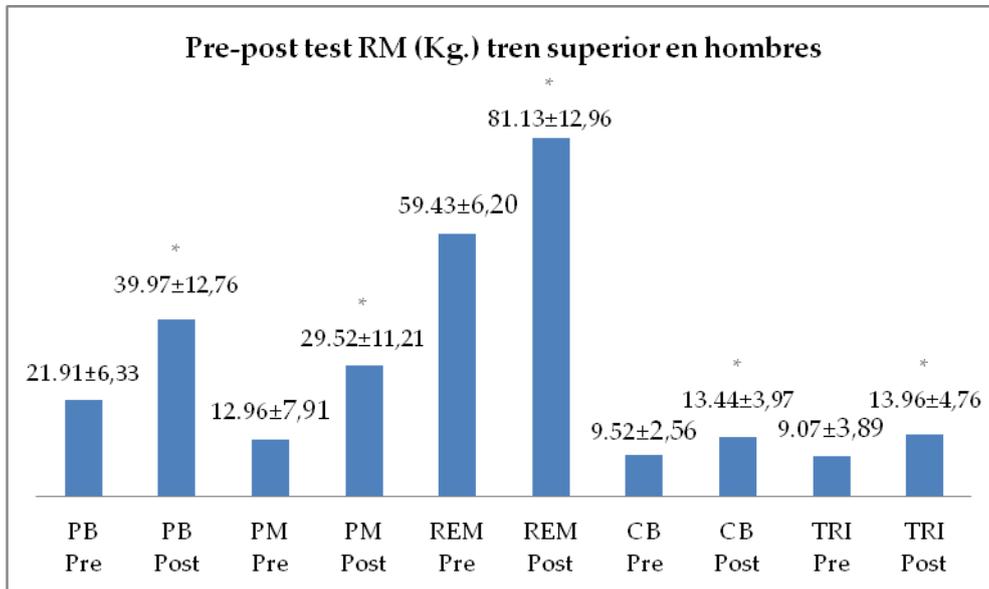


Figura 12: Comparación test de estimación de 1 RM pre-post de los ejercicios del tren superior en hombres

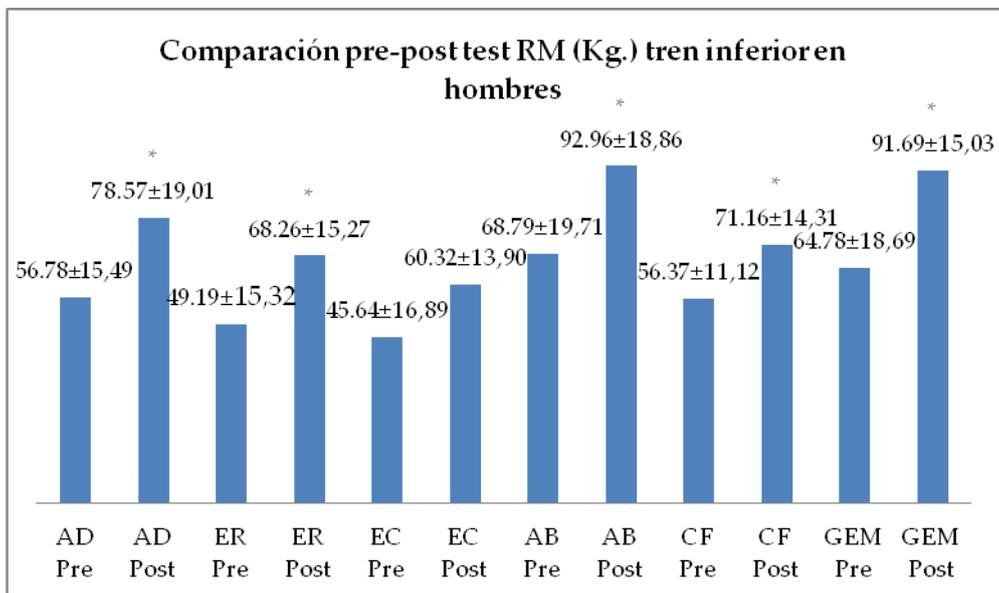


Figura 13: Comparación test de estimación de 1 RM pre-post de los ejercicios del tren inferior en hombres

Si se diferencian los resultados agrupándolos por grupos musculares del mismo hemisferio corporal se observa que los músculos del tren inferior del grupo experimental de hombres obtuvieron una mejoras del $35,36\pm 5,52\%$ mientras que los músculos del tren superior obtuvieron mejoras del $68,37\pm 37,74\%$.

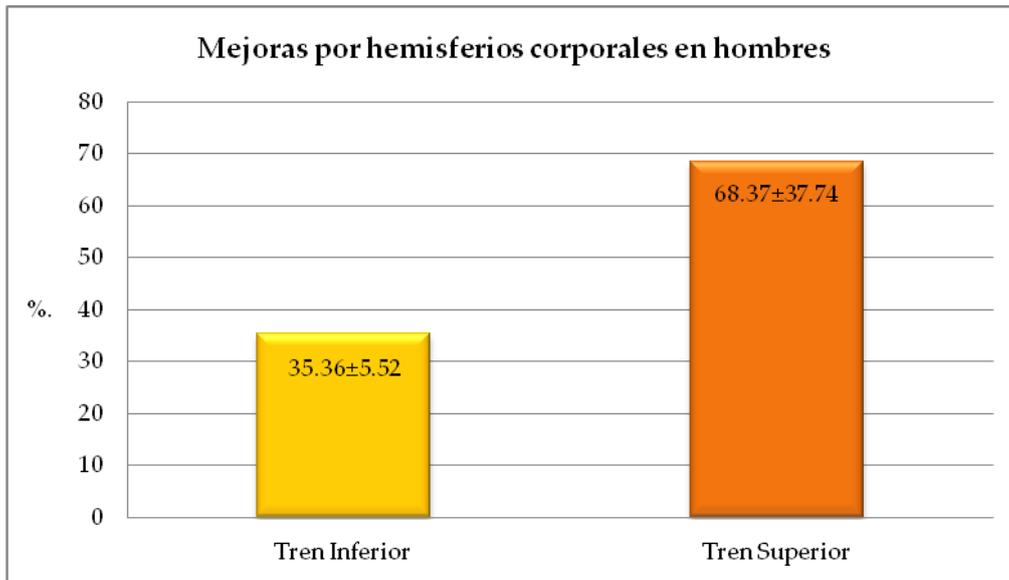


Figura 14: Comparación entre las mejoras del tren superior e inferior en los test de estimación de 1 RM en el grupo experimental de hombres.

Los sujetos experimentales mujeres obtuvieron mejoras significativas en todos los test de 1 RM presentando unos incrementos del $63,07\pm 47,95\%$. Observando los resultados se puede ver como los ejercicios con mayores incrementos fueron press militar (196,06%), press de banca (89,95%) y extensiones de tríceps (71,84%) mientras que los ejercicios donde los incrementos fueron inferiores fueron curl femoral (27,61%), remo (28,7%) y abducciones de cadera (34,53%).

Si se diferencian los resultados agrupándolos por grupos musculares del mismo hemisferio corporal, se observa que los músculos del tren inferior del grupo experimental obtuvieron una mejoras del 45,27% mientras que los músculos del tren superior obtuvieron mejoras del $84,42\pm 67,35\%$.

Tabla 15: Comparación entre pre y post de los test de estimación de 1 RM en los ejercicios de fuerza en mujeres.

	Grupo Experimental			Grupo Control		
	Pre-test (Kg.)	Post-test (Kg.)	Sig.	Pre-test (Kg.)	Post-test (Kg.)	Sig.
PB	11,01±3,18	20,91±8,61	0,000	14,09±13,87	13,87±4,07	1,000
AD	33,40±7,19	51,92±12,64	0,000	35,95±2,42	36,44±2,28	1,000
PM	5,51±2,91	16,32±6,87	0,000	6,14±2,14	6,24±2,08	1,000
ER	30,12±9,35	44,77±9,96	0,000	33,42±3,61	33,98±2,87	1,000
EC	33,79±11,88	50,50±11,06	0,000	31,55±6,94	31,42±6,60	1,000
AB	49,32±12,67	66,35±17,99	0,001	53,39±4,16	54,04±4,19	1,000
CF	38,50±10,04	49,13±12,33	0,007	36,14±4,65	35,79±4,12	1,000
GEM	44,87±13,82	69,98±16,52	0,000	43,15±4,55	42,97±4,91	1,000
REM	40,84±8,93	52,56±13,16	0,004	38,79±6,58	39,13±6,95	1,000
CB	6,36±1,55	8,62±1,81	0,000	6,91±1,36	6,57±1,43	1,000
TRI	5,19±1,35	8,92±2,03	0,000	5,46±1,10	5,52±1,16	1,000

Leyenda: PB: press de banca; AD: Aductor de cadera; PM: Press militar; ER: Extensión de rodilla; EC: Extensión de cadera; AB: Abductor de cadera; CF: curl femoral; GEM: extensión de tobillos; REM: Remo sentado; CB: Flexión de codos; TRI: Extensión de codo; Sig.: Significación estadística.

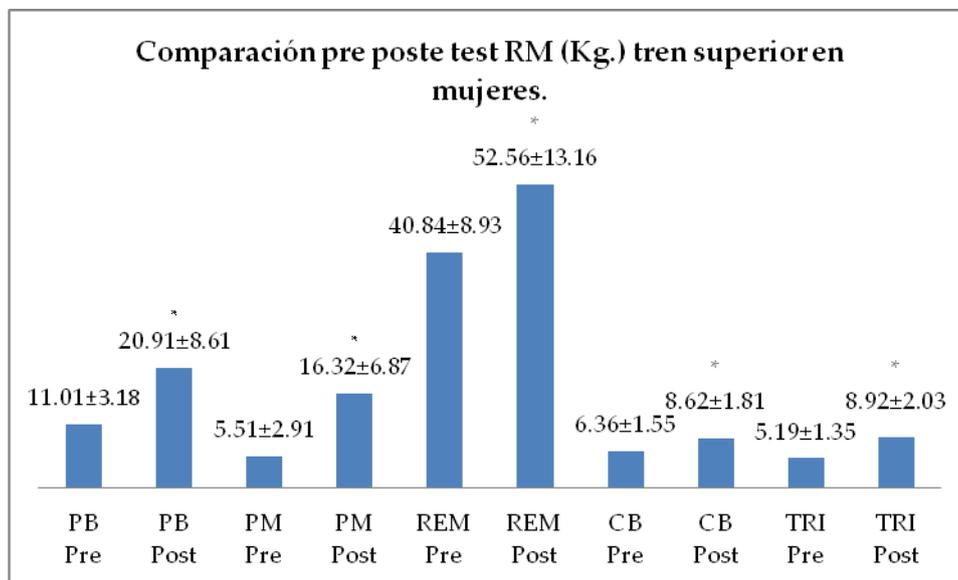


Figura 15: Comparación test de estimación de 1 RM pre-post de los ejercicios del tren superior en mujeres

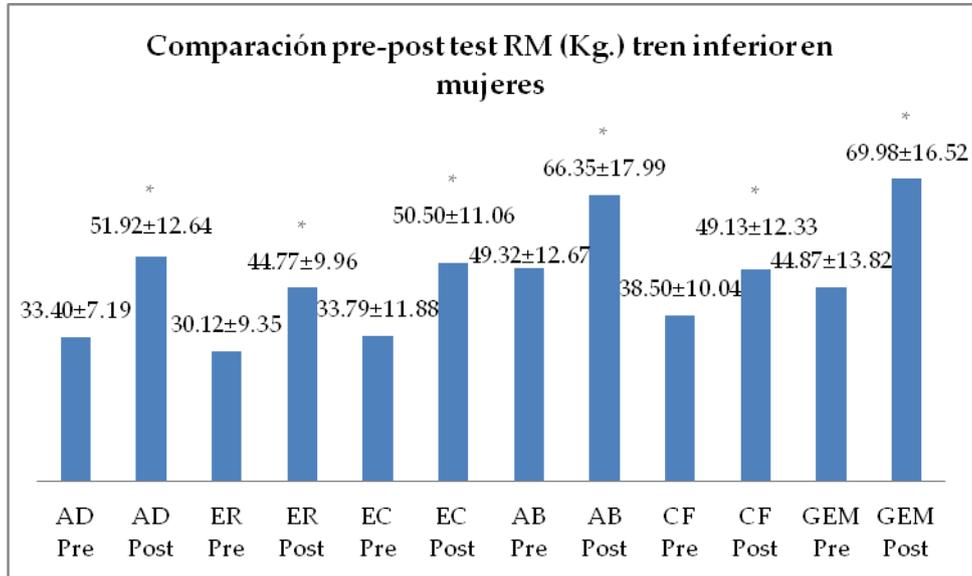


Figura 16: Comparación test de estimación de 1 RM pre-post de los ejercicios del tren inferior en hombres

Si se diferencian los resultados agrupándolos por grupos musculares del mismo hemisferio corporal (figura 15), se observa que los músculos del tren inferior del grupo experimental obtuvieron una mejoras del 45,27% mientras que los músculos del tren superior obtuvieron mejoras del 84,42±67,35%.

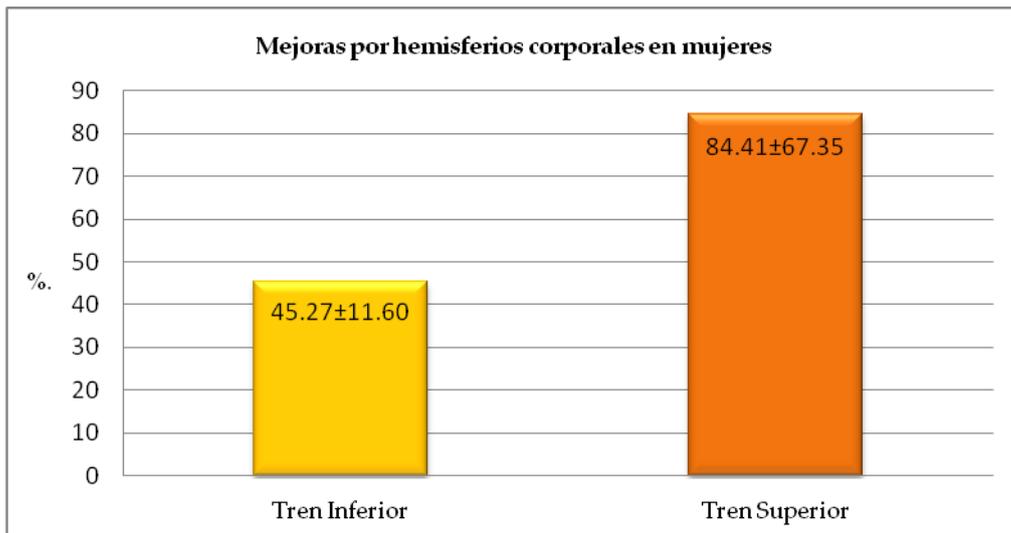


Figura 17: Comparación entre las mejoras del tren superior e inferior en los test de estimación de 1 RM en el grupo experimental de mujeres.

En las tablas 16 y 17 se comparan los datos obtenidos tanto previos como posteriores al programa de entrenamiento del grupo control y experimental. Se observa cómo tanto los hombres como las mujeres de ambos grupos, presentan unos valores iniciales normales, no encontrándose ninguna diferencia estadísticamente significativa entre ellos. Tras el programa de intervención, los test demostraron cambios muy significativos entre el grupo control y el grupo experimental.

En la tabla 16 se muestra los datos pre y post del grupo control y experimental. Éste, aumentó la fuerza máxima de los grupos musculares entrenados en un $60,08 \pm 28,84$ de media respecto al grupo control, que no obtuvo mejora significativa alguna.

Tabla 16: Comparación resultados de los test de estimación de 1 RM entre el grupo experimental y el grupo control en hombres.

	Pre GE (Kg.)	Pre GC (Kg.)	Sig.	Post GE (Kg.)	Post GC (Kg.)	Sig.
PB	21,9±6,33	24,11±4,77	1,000	39,97±12,76	25,08±4,79	0,002
AD	56,78±15,49	54,73±8,07	1,000	78,57±19,01	55,01±7,11	0,004
PM	12,96±7,91	12,61±2,28	1,000	29,52±11,21	12,42±2,14	0,000
ER	49,19±15,35	45,42±13,12	1,000	68,26±15,27	44,83±12,94	0,008
EC	45,64±13,90	42,54±9,44	1,000	60,32±13,90	42,12±9,49	0,030
AB	68,79±19,71	68,76±8,30	1,000	92,96±18,86	68,58±7,90	0,008
CF	56,37±11,12	50,50±6,41	1,000	71,16±14,31	51,01±6,64	0,001
GEM	64,78±18,69	60,48±8,90	1,000	91,69±8,48	60,73±8,48	0,000
REM	59,43±6,20	50,80±8,90	0,37	81,13±12,96	51,09±8,68	0,000
CB	9,52±2,56	8,67±1,22	1,000	13,44±3,97	8,53±1,34	0,001
TRI	9,07±3,87	7,50±1,70	1,000	13,96±4,76	7,61±1,62	0,002

Leyenda: GE: grupo experimental; GC: grupo control; PB: press de banca; AD: Aductor de cadera; PM: Press militar; ER: Extensión de rodilla; EC: Extensión de cadera; AB: Abductor de cadera; CF: curl femoral; GEM: extensión de tobillos; REM: Remo sentado; CB: Flexión de codos; TRI: Extensión de codo; Sig.: Significación estadística

Analizando los resultados correspondientes al grupo de mujeres, se observa que el grupo experimental, aunque partían con valores similares en los test iniciales que el grupo control, obtuvieron unos incrementos del 54,29±38,16% mayores en la producción de fuerza en los test posteriores al programa de entrenamiento con respecto al grupo control, que no mejoró.

Tabla 17: Comparación resultados de los test de estimación de 1 RM entre el grupo experimental y el grupo control en mujeres.

	Pre GE (Kg.)	Pre GC (Kg.)	Sig.	Post GE (Kg.)	Post GC (Kg.)	Sig.
PB	11,01±3,18	14,09±13,87	0,988	20,91±8,61	13,87±4,07	0,013
AD	33,40±7,19	35,95±2,42	1,000	51,92±12,64	36,44±2,28	0,000
PM	5,51±2,91	6,14±2,14	1,000	16,32±6,87	6,24±2,08	0,000
ER	30,12±9,35	33,42±3,61	1,000	44,77±9,96	33,98±2,87	0,005
EC	33,79±11,88	31,55±6,94	1,000	50,50±11,06	31,42±6,60	0,000
AB	49,32±12,67	53,39±4,16	1,000	66,35±17,99	54,04±4,19	0,081
CF	38,50±10,04	36,14±4,65	1,000	49,13±12,33	35,79±4,12	0,003
GEM	44,87±13,82	43,15±4,55	1,000	69,98±16,52	42,97±4,91	0,000
REM	40,84±8,93	38,79±6,58	1,000	52,56±13,16	39,13±6,95	0,005
CB	6,36±1,55	6,91±1,36	1,000	8,62±1,81	6,57±1,43	0,008
TRI	5,19±1,35	5,46±1,10	1,000	8,92±2,03	5,52±1,16	0,000

Leyenda: GE: grupo experimental; GC: grupo control; PB: press de banca; AD: Aductor de cadera; PM: Press militar; ER: Extensión de rodilla; EC: Extensión de cadera; AB: Abductor de cadera; CF: curl femoral; GEM: extensión de tobillos; REM: Remo sentado; CB: Flexión de codos; TRI: Extensión de codo; Sig.: Significación estadística

Los resultados correspondientes a las pruebas de autonomía funcional se presentan en las tablas 18 y 19. Se observa que el grupo control no obtiene cambio alguno durante las 8 semanas de duración del programa de intervención mientras que el grupo experimental mejora significativamente.

En la tabla 16 se comparan los resultados de los sujetos hombres del grupo experimental y del grupo control respecto a las pruebas de autonomía funcional. Mientras que el grupo control no mejora en las pruebas, el grupo experimental obtiene mejoras significativas en 4 de las 5 pruebas del protocolo de autonomía

funcional, presentando una mejora muy significativa ($p < 0,005$) en el índice de autonomía comparado con el grupo control.

Las actividades en las que más mejoras presentaron los sujetos experimentales hombres fueron en levantarse del suelo desde una posición decúbito ventral, con una reducción del tiempo empleado para la tarea del 38,03% de media y en la tarea de levantarse de una silla 5 veces seguidas, con una reducción del tiempo empleado de 25,57% de media. Las otras tareas, ponerse y quitarse una camiseta, caminar 10 metros a máxima velocidad sin fase aérea y realizar un circuito de desplazamiento, también mejoraron significativamente, disminuyendo los tiempos utilizados para terminar las tareas en 24,52; 23,38 y 15,43% respectivamente.

Tabla 18: Resultados de las pruebas de autonomía funcional en hombres.

	Grupo Experimental			Grupo Control		
	Pre (seg.)	Post (seg.)	Sig.	Pre (seg.)	Post (seg.)	Sig.
C10m	5,66±0,67	4,33±0,49	0,000	5,46±0,50	5,62±0,49	1,000
LPS	8,21±1,13	6,11±0,83	0,021	7,83±0,96	9,10±2,26	0,390
LPDV	3,39±2,10	2,10±0,56	0,111	3,33±0,81	3,53±0,80	1,000
LCLC	37,66±5,44	31,84±4,97	0,019	38,04±2,94	38,33±3,45	1,000
VTC	17,53±4,56	13,23±3,25	0,045	17,59±2,06	18,01±2,29	1,000
IG	26,29±4,42	20,96±3,62	0,005	26,62±1,34	27,72±1,72	1,000

Leyenda: C10m: caminar 10 metros; LPS: levantarse de la silla; LPDV: levantarse del suelo en decúbito ventral; LCLC: circuito de desplazamiento; VTC: vestirse una camiseta; IG: índice GDLAM; Sig.: significación estadística.

También los sujetos experimentales mujeres presentan mejoras muy significativas con respecto al grupo control (tabla 19), obteniendo una disminución en los tiempos empleados en la realización de las tareas del protocolo de autonomía funcional del 14,18±4,23%. Las tareas que más redujeron el tiempo empleado para realizarlas fueron levantarse del suelo desde una posición decúbito ventral con una mejora del 22,5% y la tarea de caminar 10 metros a máxima velocidad sin fase aérea con un 13,94% de media. Las otras tareas del protocolo GLAM, ponerse y quitarse una camiseta, levantarse de una

silla 5 veces seguidas y realizar un circuito de desplazamiento también mejoraron en los tiempos empleados para la realización de las tareas en 12,86; 12,64 y 10,38% respectivamente. El índice GLAM obtuvo una mejora con respecto a los valores previos de 12,78% de media.

Tabla 6: Resultados de las pruebas de autonomía funcional en Mujeres.

	Grupo Experimental			Grupo Control		
	Pre (seg.)	Post (seg.)	Sig.	Pre (seg.)	Post (seg.)	Sig.
C10m	5,58±1,04	4,80±0,82	0,002	5,76±0,51	5,99±0,60	0,999
LPS	7,21±1,48	6,29±0,83	0,015	7,57±1,53	8,27±1,95	0,999
LPDV	4,10±1,42	3,18±1,34	0,000	4,13±0,80	4,42±0,82	0,999
LCLC	38,57±6,26	34,57±5,23	0,001	38,18±3,88	38,04±3,34	0,999
VTC	13,04±2,38	11,36±1,33	0,026	13,15±1,14	13,28±1,21	0,999
IG	24,61±3,81	21,46±2,74	0,008	24,85±1,41	25,49±1,46	0,999

Leyenda: C10m: caminar 10 metros; LPS: levantarse de la silla; LPDV: levantarse del suelo en decúbito ventral; LCLC: circuito de desplazamiento; VTC: vestirse una camiseta; IG: índice GDLAM; Sig.: significación estadística.

Como se puede observar en las tablas 20 y 21 ambos grupos de estudio, control y experimental, presentaban unos valores normales en las pruebas de autonomía funcional previas al comienzo del programa de entrenamiento con sobrecargas. Tanto hombres y mujeres de ambos grupos presentaron resultados muy similares en todas las pruebas del protocolo GLDAM mientras que los resultados de los test tras las 8 semanas de entrenamiento con sobrecargas mostraron que el grupo experimental obtuvo mejoras significativas respecto a los resultados del grupo control.

En la tabla 18 se muestran la comparación de los datos pre y post test de las pruebas de autonomía funcional entre el grupo experimental hombres y el grupo control. Mientras que en los datos previos al programa de entrenamiento, los resultados de las tareas eran similares entre ambos grupos, en los datos posteriores se observa que en 4 de las 5 pruebas, el grupo experimental presentó valores inferiores que el grupo control en los tiempos empleados en la realización de dichas pruebas, siendo cambios estadísticamente significativos. El grupo

experimental presentó una reducción del tiempo empleado en la realización exitosa de las tareas del $27,35\pm 8,27\%$ con respecto al grupo control.

Tabla 20: Comparación Grupo Experimental y Grupo Control en los test de Autonomía Funcional en Hombres.

	Pre GE (seg.)	Pre GC (seg.)	Sig.	Post GE (seg.)	Post GC (seg.)	Sig.
C10m	5,66±0,67	5,46±0,50	1,000	4,33±0,49	5,62±0,49	0,000
LPS	8,21±1,13	7,83±0,96	1,000	6,11±0,83	9,10±2,26	0,001
LPDV	3,39±2,10	3,33±0,81	1,000	2,10±0,56	3,53±0,80	0,111
LCLC	37,66±5,44	38,04±2,94	1,000	31,84±4,97	38,33±3,45	0,019
VTC	17,53±4,56	17,59±2,06	1,000	13,23±3,25	18,01±2,29	0,020
IG	26,29±4,42	26,62±1,34	1,000	20,96±3,62	27,72±1,72	0,000

Leyenda: GE: grupo experimental; GC: grupo control; C10m: caminar 10 metros; LPS: levantarse de la silla; LPDV: levantarse del suelo en decúbito ventral; LCLC: circuito de desplazamiento; VTC: vestirse una camiseta; IG: índice GDLAM; Sig.: significación estadística.

También el grupo de mujeres presenta diferencias estadísticamente significativas entre el grupo experimental y control en la realización de las tareas del protocolo de autonomía funcional. Aunque en los datos previos al programa de entrenamiento los resultados en los test autonomía funcional presentaban valores similares entre ambos grupos de estudio, los datos obtenidos de las pruebas posteriores al programa de intervención con sobrecargas muestran que el grupo de mujeres experimental mejoró un $18,54\pm 6,84\%$ con respecto al grupo control, lo que significa que redujeron los tiempos empleados para superar con éxito las tareas propuestas.

Tabla 21: Comparación entre grupo experimental y grupo control en los test de autonomía funcional en mujeres.

	Pre GE (seg.)	Pre GC (seg.)	Sig.	Post GE (seg.)	Post GC (seg.)	Sig.
C10m	5,58±1,04	5,76±0,51	0,999	4,80±0,82	5,99±0,60	0,000
LPS	7,21±1,48	7,57±1,53	0,999	6,29±0,83	8,27±1,95	0,001
LPDV	4,10±1,42	4,13±0,80	0,924	3,18±1,34	4,42±0,82	0,004
LCLC	38,57±6,26	38,18±3,88	0,999	34,57±5,23	38,04±3,34	0,142
VTC	13,04±2,38	13,15±1,14	0,999	11,36±1,33	13,28±1,21	0,027
IG	24,61±3,81	24,85±1,41	0,999	21,46±2,74	25,49±1,46	0,002

Leyenda: GE: grupo experimental; GC: grupo control; C10m: caminar 10 metros; LPS: levantarse de la silla; LPDV: levantarse del suelo en decúbito ventral; LCLC: circuito de desplazamiento; VTC: vestirse una camiseta; IG: índice GDLAM; Sig.: significación estadística.

Los datos obtenidos en el test de estimación del consumo máximo de oxígeno mediante la prueba de la milla (Rippe et al., 1988) en el grupo de hombres, se exponen en la tabla 22. Se observa que aunque existe una disminución en las pulsaciones medias de la prueba, el tiempo empleado para terminar el test y el consumo máximo de oxígeno, estos cambios no son estadísticamente significativos.

Tabla 22: Resultados del test de la milla para la estimación del VO_2 máximo pres y post test en hombres.

	Grupo Experimental			Grupo Control		
	Pre test	Post test	Sig.	Pre test	Post test	Sig.
FC (p/m)	106,33±25,70	100,00±220,9	1,000	108,00±18,52	106,00±20,36	1,000
Tiempo (min)	18,15±2,89	16,19±2,89	0,640	18,63±2,36	18,94±2,23	0,162
VO_2 max. (ml/Kg/min)	22,44±9,89	26,61±10,69	1,000	23,30±3,06	23,16±3,03	1,000

Leyenda: FC: frecuencia cardiaca media; p/m: pulsaciones por minuto; min: minutos; VO_2 : consumo máximo de oxígeno

En la tabla 23 se recogen los datos correspondientes a los resultados del test de la milla para conocer la estimación del consumo máximo de oxígeno en el grupo de mujeres antes y después del programa de entrenamiento. Se observa que el tiempo empleado para realizar la prueba con éxito se reduce tras las 8 semanas de programa experimental, pero no se obtienen cambios significativos, ni en el tiempo empleado ni en la frecuencia cardiaca media del test. Sin embargo, el consumo máximo de oxígeno presenta unas mejoras significativas tanto intra grupo ($p < 0,015$) (comparación entre el pre y post test del grupo experimental) como inter grupo ($p < 0,001$) (comparación entre el grupo control y el grupo experimental).

Tabla 23: Resultados del test de la milla para la estimación del VO₂ máximo pres y post test en mujeres.

	Grupo Experimental			Grupo Control		
	Pre test	Post test	Sig.	Pre test	Post test	Sig.
FC (p/m)	104,44±16,80	98,17±21,29	1,000	103,27±9,18	102,00±6,26	1,000
Tiempo (min)	18,16±2,99	16,41±2,28	0,154	17,55±1,52	18,03±1,40	1,000
VO ₂ max. (ml/Kg/min)	21,86±4,05	26,31±4,82	0,015	20,19±3,87	19,96±3,66	1,000

Leyenda: FC: frecuencia cardiaca media; p/m: pulsaciones por minuto; min: minutos; VO₂: consumo máximo de oxígeno.

CAPÍTULO 6

DISCUSIÓN

*“Solo es capaz de realizar los sueños el que,
cuando llega la hora, sabe estar despierto”*

León Daudí.

El objetivo de esta tesis doctoral fue conocer los efectos de un entrenamiento con sobrecargas sobre la composición corporal, la fuerza, la autonomía funcional y el VO₂ max. En adultos mayores de 65-75 años.

6.1 ADAPTACIONES SOBRE LA COMPOSICIÓN CORPORAL

6.1.1 Adaptaciones sobre el Tejido Graso

Los resultados obtenidos mostraron que un programa de entrenamiento en circuito con sobrecargas de intensidades comprendidas entre el 65-80% de 1 RM, tuvo una influencia positiva, y estadísticamente significativa, sobre la composición corporal de los sujetos pertenecientes al grupo experimental (tabla 3). Mientras que el peso corporal y el IMC no sufrieron cambios estadísticamente significativos, la masa libre de grasa se incrementó, de forma general entre un 2,22 y un 3,16% lo que supuso un aumento entre 0,83 y 1 Kg. de masa muscular. A su vez, el tejido graso también se vio afectado, puesto que sufrió una reducción comprendida entre el 3,86 y un 5,04%, lo que se tradujo en una pérdida de tejido graso del 1,03-1,2 Kg.

Autores como Fatouros et al. (2005) muestran que programas de entrenamiento con sobrecargas de baja y alta intensidad (55-82% de 1 RM) en personas mayores de 65 años, con una duración de 24 semanas ofrecen efectos positivos en la composición corporal, al disminuir significativamente ($p < 0,05$) tanto el peso corporal (entre -1,9 y -3,9%) como el sumatorio de pliegues cutáneos (-2,6%) de los sujetos experimentales. Estos datos son similares a los encontrados por Caserotti et al. (2007), quienes tras un programa de entrenamiento de alta intensidad (75-80% de 1 RM) de 12 semanas de duración, obtuvieron una disminución del tejido graso del 4%, aunque no obtuvieron cambios significativos en la masa libre de grasa. Por este mismo sentido, Dustan et al. (2002) también obtienen mejoras significativas ($p < 0,05$) en la disminución del tejido graso de los sujetos experimentales tras un programa de entrenamiento de 6 meses de duración de alta intensidad (80% RM) aunque a diferencia de la presente tesis doctoral y los estudios de Caserotti et al. (2007) y Fatouros et al. (2012) el programa de entrenamiento realizado por estos autores estuvo acompañado de un control de la ingesta nutricional.

También, en un estudio de Ávila et al. (2010), tras 10 semanas de entrenamiento con sobrecargas utilizando intensidades moderadas (50-60% de 1RM) obtienen una mejora en la composición corporal, al encontrar una disminución del peso corporal de 3,6% y una pérdida del 11,2% del tejido graso.

Sin embargo, otros autores observan que los programas de entrenamientos con intensidades moderadas-altas (60-80% RM), muy similares a las mantenidas en esta tesis, aunque procuran incrementos en la hipertrofia muscular, no obtienen reducciones significativas en el tejido graso en adultos mayores tras 12-24 semanas de entrenamiento de la fuerza (Dustan et al., 2002; Kalapotharakos et al., 2004; Uher et al., 2010). Estos resultados coinciden con los encontrados por Taaffe y cols. (1996) quienes tras un período de 52 semanas de entrenamiento con dos protocolos de entrenamiento con sobrecargas de baja y alta intensidad (40-80%RM), no observaron disminuciones significativas en la cantidad de tejido graso en la muestra objeto de estudio. Sin embargo, concluyen que los entrenamientos de estas características provocan aumentos significativos en la sección transversal de las fibras tipo I, no obteniéndose cambios sustanciales en las fibras tipo II.

Autores como Izquierdo et al. (2003) tras comparar las adaptaciones a un entrenamiento con sobrecargas de intensidades moderadas (50-70% de 1RM) durante 12 semanas sobre dos grupos experimentales, uno compuesto de adultos de mediana edad (46 ± 3 años) y otro de mayores (64 ± 2 años), obtienen una reducción significativa (9%) en el tejido graso de ambos grupos experimentales pero observan que tras la primeras 8 semanas de estudio (mismas que la presente tesis doctoral), ninguno de los grupos experimentales disminuye su cantidad de tejido graso.

Se observa cierta controversia en los efectos del entrenamiento con sobrecarga sobre la composición corporal en la literatura especializada en poblaciones adultas mayores de 65 años. Principalmente se puede deber a los diferentes métodos de entrenamiento utilizados en cada investigación. Aquellos estudios que no obtienen pérdidas en el tejido graso utilizan entrenamientos con sobrecargas tradicionales, donde se dan largos períodos de descanso entre series o no se tiene control sobre el mismo (Kalapotharakos et al., 2004; Taaffe et al., 1996). Por otro lado, los estudios que muestran efectos positivos en la reducción de la masa grasa, utilizan un método de entrenamiento en circuito, utilizando

descansos de corta a muy corta duración (entre 15 segundos a 1 minuto) Caserotti et al., 2007; Fatouros et al., 2005).

En la presente tesis, tras una intervención de tan solo 8 semanas, se obtuvo una reducción del tejido graso de entre el 3,86 y el 5,04%. Si bien son datos similares a los obtenidos por Caserotti et al. (2007) y Fatourus et al. (2012), son inferiores a los obtenidos por Ávila et al. (2010) o Izquierdo et al. (2003). Las diferencias entre los estudios se deben principalmente a la cuantificación de la magnitud de la carga de entrenamiento. Los protocolos de entrenamiento con sobrecargas que utilizan intensidades elevadas cercanas al 80% de 1 RM no tienen efectos sobre la reducción del tejido graso o presentan pequeñas reducciones de hasta el 4% (Caserotti et al. 2007; Brandon et al., 2002; Dunstan et al., 2002; Fatouros et al., 2005; Hanson et al., 2009; Kalapotharakos et al., 2004; Taaffe et al., 1996; Trappe et al., 2000; Wallerstein et al., 2012). Sin embargo, parece ser que aquellos estudios que utilizan intensidades más bajas (50-60-70% de 1 RM) presentan disminuciones del tejido graso entre el 9 y el 11,2% (Ávila et al., 2010; Izquierdo et al., 2003). Los protocolos de baja intensidad utilizan periodos de descanso más cortos entre ejercicios, lo que permite que la frecuencia cardiaca se mantenga elevada y en un estado más estable que en los protocolos de mayor intensidad, que necesitan de tiempos de recuperación mayores, por lo que no tienen un gasto calórico tan elevado como los protocolos de baja intensidad.

En el presente estudio se realizó un programa de entrenamiento con sobrecargas con una organización vertical, es decir, utilizando una metodología en circuito. Se utilizaron ejercicios poliarticulares, que involucraban a grandes masas musculares por lo que el requerimiento energético era elevado (Stone, 1993). Además, se establecieron tiempos de pausa entre ejercicios de muy cortos (10 segundos para intensidades livianas y moderadas hasta el 60%) a cortos (45-60 segundos para intensidades elevadas hasta el 80% de 1 RM), esto sumado a un orden alterno de ejercicios del hemisferio corporal superior e inferior, se presupone, procuraban un mantenimiento de la frecuencia cardiaca a un ritmo elevado, incrementando el gasto calórico de la sesión de entrenamiento. Por tanto, las adaptaciones en composición corporal, en cuanto a pérdida de tejido graso, pudo ser debido a estos factores que, sumado al volumen de la carga de entrenamiento total de la sesión (3 series de 11 ejercicios para un total de 6 a 17

repeticiones por ejercicio) supuso un gran gasto calórico por día de entrenamiento.

6.1.2 Adaptaciones en Masa Muscular

En cuanto a las adaptaciones en el tejido muscular, la evidencia científica es más clara cuando se refiere al entrenamiento con adultos mayores. La mayoría de los estudios revisados muestran aumentos en la masa muscular así como incrementos en la sección transversal del área los músculos de los sujetos entrenados (Cassilhas et al., 2007 ; Hakkinen et al., 2007; Kalapotharakos et al., 2004; Hanson et al., 2009; Kosek et al., 2006; Pyka et al., 1994; Reeves et al., 2004; Taaffe et al., 1996; Trappe et al., 2000; Wallerstein, et al., 2012).

Al analizar los resultados obtenidos tras la valoración de la impedancia bioeléctrica se observó que el grupo experimental, de la presente tesis doctoral, obtuvo un incremento altamente significativo ($p < 0,001$) entre 2,22 y 3,16% en su cantidad de masa muscular tras las 8 semanas de duración del entrenamiento, lo que supuso un incremento de 0,83 a 1 Kg. de tejido muscular. Estos datos son superiores a los obtenidos por Cassilhas et al. (2007) quienes tras comparar dos protocolos de entrenamientos de diferentes intensidades, observan que solo los sujetos que se sometieron a un programa de entrenamiento de intensidades elevadas (80% de 1 RM) obtuvieron mejoras estadísticamente significativas ($p < 0,05$) en la cantidad de masa muscular, mientras que aquellos que entrenaron a intensidades moderadas-bajas (50% de 1 RM) no obtuvieron adaptaciones en este sentido. En otro estudio, Hanson et al., (2009) tras someter a la muestra de estudio a un programa de entrenamiento de alta intensidad (75-85% de 1 RM) encuentran mejoras significativas ($p < 0,05$) en el aumento de la masa muscular de los sujetos varones, aunque no encuentran incremento alguno en el grupo experimental de mujeres.

La bibliografía específica indica que la mayoría de los protocolos de entrenamiento con sobrecargas de una duración mayor de 12 semanas y con intensidades superiores al 40% de 1 RM producen mejoras en la masa muscular, incrementando el tamaño del área transversal de los músculos entrenados, procurando adaptaciones por hipertrofia tanto en las fibras tipo I como en las fibras tipo II (Aagaard et al., 2010; Cassilhas et al., 2007 ; Hakkinen et al., 2007;

Kalapotharakos et al., 2004; Hanson et al., 2009; Kosek et al., 2006; Petrella & Chudyk, 2008; Pyka et al., 1994; Reeves et al., 2004; Taaffe et al., 1996; Trappe et al., 2000; Wallerstein, et al., 2012).

Estudios como el de Hakkinen et al. (2007) muestran que los adultos mayores de 65 años presentan adaptaciones muy similares a los adultos más jóvenes tanto en la producción de fuerza como en el incremento de la masa muscular. Tras 13 semanas de entrenamiento con sobrecargas utilizando intensidades moderadas-altas (60-80% de 1 RM) y con una frecuencia de 3 sesiones por semana, ambos grupos experimentales incrementan la hipertrofia de los músculos entrenados (12% en jóvenes; 9% en mayores). Estos resultados son muy similares a los obtenidos por Kosek et al. (2006) quienes también comparan dos grupos de varones jóvenes y mayores de 65 años utilizando un entrenamiento con sobrecargas de alta intensidad (80% de 1 RM) obteniendo incrementos significativos ($p < 0,05$) y muy similares entre el grupo de adultos jóvenes y el de mayores.

Otros estudios que corroboran que el entrenamiento con sobrecargas provoca aumentos en la sección transversal del músculo (y por tanto un incremento en la cantidad de masa muscular) son los llevados a cabo por Kalapotharakos et al. (2004), Trappe et al. (2000), Taaffe et al. (1996) y Pyka et al. (1994) quienes tras utilizar programas de entrenamiento con sobrecargas de media y alta intensidad (60-80% de 1 RM) y con duraciones comprendidas entre 12 y 52 semanas, obtienen unos incrementos significativos ($p < 0,05$) en la hipertrofia de los músculos entrenados. Cabe destacar que aquellos estudios de mayor duración (45-52 semanas) obtuvieron incrementos superiores en hipertrofia, entre 58,5-66,6% (Pyka et al., 1994; Taaffe et al., 1996) que los de menor duración (12 semanas), entre 13-20% (Trappe et al., 2000) y 7,1-10,1% (Kalapotharakos et al., 2004).

Los resultados de la presente tesis doctoral indicaron que los adultos mayores obtuvieron unos incrementos en la masa libre de grasa muy significativos ($p < 0,001$) como resultado del entrenamiento con sobrecargas. El programa experimental se basó en una progresión del entrenamiento donde se estableció unas intensidades comprendidas entre el 65 y el 80% de 1 RM. Estos estímulos están respaldados por la bibliografía específica como factores precursores de ganancias de fuerza máxima y masa muscular. Tras

entrenamientos con sobrecargas de determinada intensidad, volumen y duración el músculo sufre cierto daño muscular y una degradación proteica que, con el proceso de recuperación posterior se da un proceso de regeneración y crecimiento muscular, dependiente, en gran medida, de la adición de mionúcleos a miofibrillas existentes, diferenciadas terminalmente por la activación de las células satélites (Holtermann y Rudninski, 2005) y por tanto se produce una supercompensación en la síntesis de proteínas y por ende un incremento en la cantidad de la masa muscular del sujeto como defiende la teoría energética de Siff y Verkhoshansky (1996).

Además de los grandes estímulos se estableció un volumen elevado (3 series de 11 ejercicios de musculación) con una frecuencia de entrenamiento de 3 sesiones por semana, lo que hace pensar que el grupo experimental pudo obtener unas adaptaciones en hipertrofia muscular similares a las demostradas por otros estudios de similares características (Hakkinen et al., 2007; Hanson et al., 2009; Kalapotharakos et al., 2004; Trappe et al., 2000).

Por tanto, la evidencia científica demuestra que los programas de entrenamiento con sobrecargas en adultos mayores tienen efectos importantes sobre la composición corporal, reduciendo la cantidad de tejido graso e incrementando la masa muscular.

6.2 ADAPTACIONES EN LA PRODUCCIÓN DE FUERZA

El desarrollo y la ganancia de la fuerza ha sido demostrado realizando tanto métodos de entrenamientos de fuerza, como usando métodos combinados de fuerza y resistencia (McCarthy y cols., 1995). Es conocido que la fuerza muscular en hombres y mujeres sanos, previamente desentrenados, puede aumentar siempre que las cargas de entrenamiento superen suficientemente las actividades normales diarias de un músculo en particular (Häkkinen, 2000), por tanto cualquier método que use sobrecargas que superen dicha intensidad puede provocar grandes mejoras en la fuerza de los sujetos desentrenados. Cargas cercanas al 50% del RM producen mejoras en la fuerza máxima en personas desentrenadas, sin embargo, sujetos que ya tienen cierto nivel de práctica en el entrenamiento con sobrecarga necesitan de intensidades superiores (>60% de 1RM) para obtener adaptaciones significativas (Hass, Feigenbaum y Franklin, 2001).

Los resultados obtenidos en la presente tesis doctoral mostraron como tras 8 semanas de entrenamiento con intensidades comprendidas entre el 65 y el 80% de 1RM los sujetos del grupo experimental incrementaron la producción de fuerza máxima entre un $50,37 \pm 29,7$ y un $63,07 \pm 47,95\%$ de todos los músculos entrenados. Estos resultados son similares a los encontrados en la literatura científica donde se somete al adulto mayor a entrenamientos con sobrecargas de diferentes intensidades.

En este sentido, Trappe et al. (2000) llevan a cabo un programa de entrenamiento con sobrecargas sobre un grupo de adultos mayores ($74,6 \pm 5,1$ años) utilizando intensidades correspondientes al 80% de 1 RM ejecutando un total de 3 series de 10 repeticiones con una frecuencia de 3 sesiones por semana durante un total de 12 semanas. Los resultados de este estudio muestran incrementos significativos en la producción de fuerza en el ejercicio de extensiones de rodilla de un $50 \pm 6\%$.

Resultados similares obtiene Wallerstein, et al., (2012) tras aplicar un método de entrenamiento con sobrecargas en una población de adultos mayores (60-80 años de edad) estableciendo cargas de entrenamiento entre el 70 y el 90% de 1 RM durante 16 semanas con un frecuencia de 2 sesiones semanales. Estos

autores observan como la muestra de estudio (n=59) obtiene incrementos en la fuerza dinámica máxima comprendidos entre el 31 y el 42,7%.

Otros autores como, Dustan et al. (2002) y Kalapotharakos et al. (2004) utilizando también un programa de entrenamiento con sobrecargas de intensidades comprendidas entre el 75 y el 85% de 1 RM, durante 24 semanas y con una frecuencia de 3 sesiones por semana obtienen mejoras en los valores de producción de fuerza comprendidas entre 28,8 y el 78%.

Si bien los programas de entrenamiento con sobrecargas de alta intensidad tienen efectos positivos sobre la fuerza y la hipertrofia de los músculos entrenados en adultos mayores de 65 años, existen estudios que demuestran que con intensidades moderadas, comprendidas entre 60-75% de 1 RM, sujetos mayores de 65 años responden positivamente ante programas de entrenamiento con sobrecargas, alcanzando mejoras en la producción de fuerza de sus músculos comprendidas entre 14-66% de 1 RM tras intervenciones de 6 a 45 semanas de duración (Brandom et al., 2002; Fatouros et al., 2005; González Jurado et al., 2011; Kalapotharakos et al., 2004; Pyka et al., 1994; Reeves et al., 2004; Sayers, 2007; Seynnes et al., 2004; Uher et al., 2010).

En este sentido, autores como Pyka et al. (1994) muestran como programas de entrenamiento con sobrecargas para poblaciones adultas mayores de 65 años (n=25) con intensidades del 75% de 1 RM producen mejoras en la producción de fuerza de los músculos entrenados entre 30 y 97%. En este programa, los sujetos experimentales realizaron 3 series de 8 repeticiones con una frecuencia de 3 sesiones semanales durante 45 semanas.

En esta misma línea se encuentra el estudio de Reeves et al. (2004) quienes tras aplicar un programa de 12 semanas de entrenamiento con sobrecargas con una frecuencia de 3 sesiones semanales y utilizando intensidades comprendidas entre el 70-75% de 1 RM sobre una población de adultos mayores de 65 años, obtienen unos incrementos en la fuerza dinámica máxima en el ejercicios de extensiones de rodilla del 14% y en la prensa de piernas del 23%.

También, estudios más actuales como los de Uher et al. (2010) y González-Jurado et al. (2011) muestran adaptaciones significativas en la producción de fuerza tras periodos de entrenamientos con sobrecargas en poblaciones adultas mayores (entre 19 y 40% de mejora). Se observa que este tipo de población obtiene

importantes mejoras cuando se enfrentan a volúmenes elevados de entrenamiento (4 series de 10 repeticiones) en cortos periodos de entrenamiento (3 sesiones semanales en 6 semanas). En este estudio obtienen unos incrementos en la fuerza de los músculos entrenados comprendidas entre el 20 y 39,7% (González-Jurado et al., 2011).

Sin embargo, ejercitarse con un volumen de entrenamiento bajo, 1 sola serie de 12 repeticiones al 75% de 1RM 3 veces por semana durante 12 semanas, también produce incrementos significativos de un 40% en la fuerza dinámica máxima de los músculos entrenados así como mejoras en la realización de las actividades de la vida diaria entre el 20 y 40% (Uher et al., 2011).

La evidencia científica demuestra que protocolos de entrenamiento con sobrecargas de baja intensidad (<60% de 1 RM) también ofrecen mejoras en la producción de fuerza en personas adultas mayores de 65 años, ofreciendo unos incrementos entre un 9 y el 45% (Cassilhas & et al., 2007; Fatouros et al., 2005; Hakkinen et al 2007; Pereira et al., 2012; Sayers, 2007; Seynnes et al, 2004; Tafe et al., 1996; Wallerstein, et al., 2012).

Estudios como los de Taafe et al., (1996) que comparan dos grupos de entrenamiento con sobrecargas, uno de alta intensidad (80% de 1 RM) y otro de baja intensidad (40% de 1 RM), sobre población adulta mayor de 65 años, muestran que programas de entrenamientos con intensidades bajas provocan mejoras en la producción de fuerza entorno al 45,1±7,9% y además, también producen incrementos significativos en la hipertrofia de las fibras tipo I.

Estos datos son similares a los obtenidos por otros autores, que tras programas de entrenamiento con sobrecargas de 10-24 semanas de duración con intensidades comprendidas entre el 40 y 50% de 1 RM obtienen mejoras en la fuerza dinámica máxima de los músculos entrenados entre el 36,6±5,9% (Seynnes et al., 2004) y 41% (Cassilhas et al., 2007). Aunque a diferencia del estudio de Taafe et al., (1996), no se encontraron diferencias significativas en el área de la sección transversal de los músculos entrenados.

Otros autores confirman que los programas de entrenamiento con sobrecargas de baja intensidad (<60% de 1 RM) no solo producen mejoras en la fuerza máxima (43-66% de mejora) sino que también incrementan los valores de potencia muscular (10,3%) (Ávila et al., 2010; Pereira et al., 2012; Wallerstein et al., 2012).

Como se puede observar, la literatura específica demuestra que todo tipo de entrenamientos con sobrecargas en adultos mayores sedentarios que superan el 40% de 1 RM procuran grandes adaptaciones en la fuerza muscular. Si bien se ha demostrado que se da un aumento de la fuerza y de la masa muscular, los aumentos iniciales de la fuerza máxima observados durante las primeras semanas pueden atribuirse a la mayor activación de unidades motoras de los músculos agonistas entrenados y a una disminución de la coactivación de los músculos antagonistas (Hakkinen et al., 1998; 2001; 2007), así como a una mejora de la adquisición y la frecuencia de las habilidades motoras además de a un aumento de la eficiencia de las unidades motoras (Aagaard et al., 2010). Es decir, que las ganancias de fuerza son debidas, principalmente, a adaptaciones del sistema nervioso que al aumento de la masa muscular.

En este sentido en el estudio de Kosek & col., (2006) se comparan las respuestas al entrenamiento con sobrecargas de dos grupos de hombres (jóvenes y mayores). Tras 16 semanas con intensidades del 80% RM observan que los hombres jóvenes parecen haber cobrado fuerza casi enteramente como consecuencia de la hipertrofia adquirida con el entrenamiento, mientras que en los sujetos mayores, la hipertrofia representa una fracción menor de la mejora de fuerza. Los autores concluyen que los aumentos observados en la fuerza de los adultos mayores parecen haber sido impulsado en gran medida por las adaptaciones neuronales o psicológicas y, en menor medida, a aquellas de índole hipertróficas.

Estos datos transmiten la necesidad de realizar un protocolo de familiarización con el entrenamiento con sobrecargas, previo al programa de entrenamiento experimental, lo suficientemente duradero como para evitar que variables psicológicas y neuronales influyan en los resultados de la investigación.

La mayoría de los estudios revisados, presentan de 1 a 3 días de familiarización con el ejercicio en personas totalmente sedentarias. Desde este estudio se cree que es un tiempo insuficiente como para que el adulto mayor elimine los miedos de lesionarse o hacerse daño por realizar tensiones musculares elevadas. Por tanto los resultados de los test de 1 RM pueden depender más de la mejora de la confianza y el autoestima del adulto mayor que de las mejoras fisiológicas al entrenamiento (Kosek et al. 2006).

Para la presente investigación se llevó a cabo un programa de familiarización de 3 semanas de duración, donde los sujetos experimentales pudieron realizar 3 sesiones por semana con una progresión incremental de la intensidad de la carga, de esta forma reducir, en la medida de lo posible, la influencia de las mejoras del sistema nervioso y otros criterios de índole psicológicos, en los incrementos de la fuerza muscular.

Haciendo un análisis más profundo de los resultados obtenidos, se observó que se dio un incremento muy significativo en todos los ejercicios utilizados. Pero como dato curioso, se encontró que existió un mayor incremento en la producción de fuerza por parte de los músculos del hemisferio corporal superior respecto a los valores obtenidos por el hemisferio corporal inferior, tanto en hombres ($68,37 \pm 37,74\%$ para el hemisferio superior y de $35,36 \pm 5,52\%$ para el hemisferio inferior) como en mujeres ($84,42 \pm 67,35\%$ para el hemisferio superior y de $45,27 \pm 11,6\%$ para el hemisferio inferior). Esto puede ser debido a que los músculos del hemisferio corporal inferior presentan una mayor adaptación a la carga que los músculos del tren superior, ya que son utilizados para el desplazamiento del adulto mayor por lo que el peso corporal supone un estímulo al que puedan estar acostumbrado y requieran de intensidades y estímulos superiores. Por el contrario, los músculos del hemisferio corporal superior, se adaptan más fácilmente debido a que para desarrollar las actividades de la vida cotidiana no se requieren grandes activaciones musculares por parte de estos músculos y por tanto el rango de mejora puede ser superior debido a esa menor adaptación previa al programa de entrenamiento. Si bien, autores como Dunstan et al. (2002) muestran como los adultos mayores (60-80 años de edad) tras realizar un programa de entrenamiento con sobrecargas de alta intensidad (75-85% de 1

RM) durante 24 semanas y con una frecuencia de 3 sesiones a la semana obtienen mayores adaptaciones en los grupos musculares del hemisferio superior (41,7%) que en los del hemisferio inferior (28,8%) corroborando nuestra opinión de por qué los grupos musculares del hemisferio inferior se adaptan en menor medida que los músculos del superior. Sin embargo, otros autores como Kalapotharakos et al. (2004) observan que son los grupos musculares del hemisferio inferior los que mayores adaptaciones presentan (78%) en la producción de fuerza con respecto a los grupos del hemisferio corporal superior (66%).

Al no encontrar una respuesta concreta del por qué de estos datos, sería necesario hacer un análisis más profundo sobre por qué se pueden dar estas diferencias en las adaptaciones musculares y tener un mayor control sobre la activación muscular en cada uno de los ejercicios y/o conocer la predominancia de las fibras musculares de los diferentes grupos musculares implicados en el ejercicio.

6.3 ADAPTACIONES EN LA AUTONOMÍA FUNCIONAL

El envejecimiento está asociado a una gran cantidad de cambios anatómicos y fisiológico que incrementan la fragilidad y la posibilidades de caída del adulto mayor (Pernambuco et al., 2013). Debido a la atrofia de los músculos a partir de los 50 años de edad (ej: se pierde un 30% de tamaño muscular del vasto lateral), la fuerza del cuádriceps disminuye, y éste se vuelve imprescindible para realizar con éxito las actividades de la vida diaria como caminar y/o mantenerse de pie (Deschenes, 2004). El proceso de pérdida de tejido muscular por envejecimiento natural del ser humano (sarcopenia) sumado a la inmovilidad o la falta de actividad física asociado a este grupo de edad, hace que el adulto mayor pierda su independencia física y necesite de ayuda o auxilio de otras personas para desarrollar las tareas de la vida diaria lo que supone la pérdida de la autonomía funcional de la persona (Newman et al, 2006; Pernambuco et al., 2013). Esta situación de dependencia por falta de producción de fuerza muscular es un fuerte predictor de la mortalidad en las personas mayores (Newman et al., 2006).

Sin embargo, programas de entrenamiento con sobrecargas en poblaciones adultas mayores ofrecen una mejora en su autonomía funcional que les permite realizar con éxito las tareas de la vida cotidiana (Colado et al., 2012; Daniel et al., 2012; Pereira et al., 2007; Pernambuco et al., 2013; Silva et al., 2009). En este sentido, en un estudio de Pereira et al. (2007) tras 20 semanas de entrenamiento con sobrecargas con intensidades establecidas entre el 50 y el 90% de 1 RM. demuestran como todos los sujetos experimentales mejoraron de forma significativas ($p < 0,05$) los tiempos empleados en las diferentes pruebas del protocolo de batería de pruebas del grupo de desarrollo latinoamericano para la madurez (GDLAM) de valoración de la autonomía funcional de miembros superiores e inferiores. Estos resultados son similares a los obtenidos en estudios más actuales como el de Pernambuco et al. (2013), quienes tras llevar a cabo un programa de entrenamiento de la fuerza en medio acuático a un grupo de mujeres adultas mayores ($66,8 \pm 4,2$ años) durante 8 semanas de duración consiguen reducir de forma significativa ($p < 0,05$) el tiempo empleado en cada una de las pruebas del protocolo GDLAM, por lo que el índice de autonomía

funcional del grupo experimental pasó de bajo (antes de la intervención) a muy bueno.

Datos similares presenta Daniel et al. (2012) quienes tras realizar un programa de entrenamiento de 12 semanas de duración combinando ejercicio cardiovascular y de fortalecimiento con autocargas, utilizando intensidades moderadas (5-6 escala de esfuerzo percibido) obtienen disminuciones estadísticamente muy significativas ($P < 0,0001$) en todas las pruebas del protocolo GDLAM por lo que concluyen que el ejercicio físico combinado de fuerza y resistencia tienen efectos muy positivos en la autonomía funcional de los adultos mayores de 65 años. Con un protocolo muy parecido al estudio de Daniel et al. (2012), Guimaraes et al. (2008) incluyen entrenamientos en el medio acuático tanto para hombre como para mujeres mayores de 65 años, junto con el entrenamiento cardiovascular y de fuerza con autocargas, obteniendo mejoras muy significativas en el protocolo GDLAM, pasando de un índice de autonomía regular (antes del programa) a muy bueno.

Con respecto al entrenamiento con sobrecargas, Uher et al. (2010) tras un programa de entrenamiento con intensidades moderadas-altas (75% de 1 RM) de 12 semanas de duración realizando 1 sola serie de 12 repeticiones, 3 sesiones por semana obtiene un incremento de la fuerza de los músculos entrenados del 40% y además, los sujetos de estudio (65-69 años de edad) mejoran los tiempos invertidos en superar con éxito las tareas de la vida diaria entre un 20 y un 40%.

Estos datos son muy parecidos a los presentados por Silva et al. (2009), que tras un programa de entrenamiento con sobrecargas con intensidades del 50-90% de 1 RM durante 12 semanas obtiene mejoras muy significativas ($p < 0,0001$) en los tiempos de ejecución de las pruebas del protocolo DLAM.

Mejoras menos significativas presenta Hanson et al. (2009) donde tras 22 semanas de entrenamiento con sobrecargas de alta intensidad (75-85% de 1RM) y un gran volumen de entrenamiento (3-5 series de 5-10 repeticiones) los sujetos de estudio (65-85 años) reducen el tiempo de realización de las tareas de la vida cotidiana de forma significativa en un 7%.

En otro estudio, Colado et al. (2012), se comparan 3 protocolos de entrenamiento diferentes en un grupo de mujeres mayores. Un grupo de entrenamiento con sobrecargas en máquinas guiadas, otro con gomas de

resistencias Thera-Band y otro con actividades colectivas en el medio acuático. Tras 10 semanas de entrenamiento con una frecuencia de 2 sesiones por semana y utilizando una intensidad del 5-7 en la escala de esfuerzo percibido OMNI-RES y utilizando tiempos de recuperaciones cortos (30 segundos) y activos (trote suave). Todos los programas de entrenamiento permitieron realizar una mayor cantidad de repeticiones en los post test de estudio (flexiones de brazo, abdominales y media sentadillas) siendo el grupo de actividades colectivas acuáticas quienes mejor resultados presentan tanto en la realización de flexiones de brazo (98,04%) de abdominales (40,26%) y media sentadilla (18,18%). Los tres grupos experimentales muestran mejoras en la composición corporal (aumentos de la masa muscular entre 0,51 y 2,52% y disminución del tejido graso entre 1,93 y 5,15%) e incrementos en la capacidad funcional entre 18,18 al 98,04%. Por lo que avalan que el ejercicio físico de fuerza incrementa la autonomía funcional de los sujetos experimentales.

Los datos de la presente tesis doctoral fueron muy alentadores, ya que se dieron mejoras estadísticamente muy significativas en los índices de autonomía del protocolo GDLAM tanto en hombres ($p < 0,005$) como en mujeres ($p < 0,008$). Hay que destacar que ambos grupos, experimental y control, presentaban índices de autonomía estadísticamente similares ($p < 1,000$ para hombres y $p < 0,999$ para el grupo de mujeres) antes del comienzo del entrenamiento con sobrecargas. Estas mejoras demuestran que un incremento en la producción de fuerza de los adultos mayores se asocia a una mayor capacidad para desplazarse, sentarse o levantarse de una silla, levantarse del suelo o coger y dejar objetos, ponerse y quitarse una camiseta, por lo que permite al adulto mayor mantener su autonomía para realizar con éxito las actividades de la vida diaria. Es lógico pensar que si la fuerza de los músculos mejoran, las tareas donde estos intervengan se vean favorecidas o se desarrollen de forma más eficiente.

Si se observan los resultados de forma más detallada se muestra que el grupo experimental en general consiguió reducir los tiempos invertidos en la realización con éxito del total de las tareas en un $24,25 \pm 5,3\%$. Si se separan los datos por sexo, se observa que los el grupo experimental de hombres obtuvieron unas mejoras en el total de los test de $27,35 \pm 8,27\%$ con respecto al grupo control, mientras que el grupo experimental de las mujeres obtuvo una mejora del $18,54 \pm 6,84\%$ respecto al grupo control.

Estos datos indican que los programas de entrenamiento que influyan en la mejora de la fuerza, sea mediante el trabajo con autocargas, bandas elásticas, medio acuático o sobrecargas, influyen positivamente en la autonomía funcional de los adultos mayores, ya que puede realizar las tareas de la vida diaria de una forma más rápida y eficiente.

6.4 ADAPTACIONES EN CONSUMO MÁXIMO DE OXÍGENO

Para procurar mejoras en el consumo máximo de oxígeno (VO_2 máx) el panel de expertos de la ACSM recomienda realizar entre 3-5 sesiones de entrenamiento cardiovascular a una intensidad de 40-65% de la frecuencia cardiaca de reserva (ACSM, 2011). El proceso de envejecimiento se relaciona con una pérdida del VO_2 máx con cada década debido a la reducción de la frecuencia cardiaca con el paso de los años (Hollemler et al., 2006). Si bien el entrenamiento cardiovascular puede provocar incrementos importantes en el VO_2 máx en personas mayores (ACSM, 2011), el entrenamiento con sobrecargas no tiene tanta influencia en este parámetro. En sujetos jóvenes, el entrenamiento en circuito con sobrecargas (Circuit Weight Training) puede procurar adaptaciones importantes en el VO_2 máx entre un 4 y un 12% (Orquín et al, 2009) sin embargo en sujetos adultos mayores la evidencia no es tan clara.

En un estudio de Vianna et al., (2012) seleccionan 70 sujetos mayores de 65 años que participaron en un programa de ejercicio físico de 4 meses de duración con una frecuencia de 3 sesiones de 60 minutos a la semana. El programa se dividía en una sesión de trabajo cardiovascular, otra de actividad física en medio acuático y otra de entrenamiento contrarresistencias. Para el control de la intensidad de la carga de entrenamiento cardiovascular se utilizó la frecuencia cardiaca máxima, estableciéndola entre el 55-65%. Para las demás actividades se utilizó una escala de esfuerzo percibido (12-13 sobre 20 niveles de la escala de Borg). Se utilizó el test de la milla para valorar el VO_2 máx. Tras el periodo de entrenamiento, el grupo experimental consiguió un aumento del 19,26% en el VO_2 máx con respecto al grupo control que encontró cambios significativos. Estos datos son muy similares a los encontrados por Fraga et al. (2011) mediante un programa de 4 meses de duración realizando 3 sesiones de entrenamiento cardiovascular (caminando) a una intensidad similar, obteniendo unos incrementos del 29,26%.

Por otro lado, González-jurado et al. (2011) con un grupo de mujeres mayores (67.71 ± 5.31) realiza un programa de entrenamiento con sobrecargas de 6 semanas de duración utilizando intensidades del 60-70% de 1RM con un volumen de 4 series de 10 repeticiones, 3 veces por semana. Entre sus resultados,

obtiene un incremento en la fuerza de los músculos entrenados así como un incremento estadísticamente significativo ($p < 0,05$) del VO_2 máx.

En la presente tesis doctoral, solo se obtuvieron cambios estadísticamente significativos en el consumo máximo de oxígeno en el grupo experimental de mujeres ($p < 0,015$) donde se observa además una reducción del tiempo empleado así como de la frecuencia cardiaca aunque no son cambios estadísticamente significativos. Por otro lado, aunque en el grupo experimental de hombres se dio un disminución del tiempo empleado y un incremento del VO_2 máx, estos cambios no fueron estadísticamente significativos.

Estos datos se pueden deber a la falta de una adecuada sollicitación del sistema cardiovascular del programa de entrenamiento. Debido a la alta intensidad de las últimas semanas que se acompañaban de un tiempo de recuperación de 1 minuto y a que según evolucionaba el entrenamiento, el volumen (número de repeticiones) disminuía de forma progresiva hasta reducirse a más de la mitad que el volumen de las primeras semanas (de 17 repeticiones a 6). Si bien no se han encontrado adaptaciones significativas, si se han observado mejoras tanto en los tiempo de ejecución de las pruebas del protocolo GDLAM, como en el test de la milla, así como en las pulsaciones media del test. Esto indica que en cierto modo, el entrenamiento con sobrecargas requiere de un esfuerzo importante del sistema cardiovascular que permite mantener las adaptaciones en VO_2 máx al menos, durante el tiempo que ha durado la fase de intervención de la presente tesis doctoral.

En resumen y de forma general, se observa que un programa de entrenamiento con sobrecargas llevado a cabo por una población adulta mayor de 65 años y utilizando intensidades moderadas altas procura efectos muy positivos en la composición corporal, ayudando a la pérdida de tejido graso e incrementando la masa muscular. Además, produce grandes incrementos en la producción de fuerza de los músculos entrenados así como una mejora en la autonomía funcional de adulto mayor. Sin duda, el ejercicio es una herramienta útil, sencilla y muy efectiva para mantener al organismo del ser humano en un buen estado de salud y así poder combatir con el proceso de envejecimiento y disfrutar de una buena calidad de vida.

CAPÍTULO 7 CONCLUSIONES



*La distancia entre el querer y el poder
se acorta con el entrenamiento.*

(Anónimo)

Siguiendo con las hipótesis presentadas se realizan las siguientes conclusiones:

Los programas de entrenamiento con sobrecargas influyen positivamente en la composición corporal de los adultos mayores, incrementando la masa muscular y reduciendo la masa grasa de los individuos. Las personas mayores de 65 años deben realizar entrenamientos con sobrecargas de moderada-alta intensidad para incrementar la masa muscular y así combatir el proceso de sarcopenia.

El entrenamiento con sobrecargas de intensidades moderadas altas se convierte en un método eficaz para el desarrollo de la fuerza muscular. Esto a su vez se relaciona con una reducción de los tiempos invertido en la realización exitosa de las tareas de la vida cotidiana, mejorando la capacidad funcional del adulto mayor. Por tanto los entrenamientos con sobrecargas deben prescribirse a la población de la tercera edad con el objetivo de que mantengan su independencia funcional y conserven una buena calidad de vida.

Este tipo de entrenamientos en circuito de moderada y alta intensidad no provoca adaptaciones en el consumo máximo de oxígeno de los adultos mayores. Se debe combinar el programa de entrenamiento con sobrecargas con otro de índole cardiovascular para influir en la mejora del VO₂máx.

CAPÍTULO 8

PRINCIPALES LIMITACIONES

*“En el campo de rugby no existen amigos ni enemigos.
A tu alrededor tienes a tus hermanos
y en frente a tus amigos”*

(Un jugador de Rugby)

La muestra de estudio de la presente tesis no es representativa de la población de la Región de Murcia, por lo que haría falta estudios posteriores que utilicen una muestra superior para poder generalizar los resultados encontrados.

Si bien los datos sobre la composición corporal son favorables, no se puede afirmar que se deben al programa de intervención, ya que no se realizó un control exhaustivo de la ingesta y el gasto calórico de los sujetos de estudio, aunque si se les informó que siguieran con la dieta a la que estaban acostumbrados previa a la investigación.

Aunque se realizó un programa de familiarización de 3 semanas de duración con el fin de obtener datos válidos de los test de RM, hubiese sido más interesante conocer la variabilidad de estos tests para conocer el error exacto que genera la propia medición. Para ello sería necesario realizar al menos 3 test de RM de cada uno de los ejercicios a investigar, sin ningún periodo de entrenamiento entre medias de los test.

Para tener un mayor control de la ejecución sería interesante utilizar encoders para conocer la intensidad de cada ejecución controlando la velocidad de ejecución del usuario y así poder adecuar perfectamente la carga al objetivo del entrenamiento además de ofrecer los datos de potencia muscular.

Para un mayor control del entrenamiento se necesitaría monitorizar la frecuencia cardiaca de entrenamiento así como obtener datos de tensión arterial generados tanto de forma aguda por el entrenamiento como a largo plazo (adaptación crónica).

CAPÍTULO 9

FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

“Si vas a tirar la toalla, que sea porque ya te quitaste el sudor de la frente para seguir luchando”

Anónimo.

En primer lugar, es importante comparar diversos métodos de entrenamiento en circuito de intensidades y volúmenes diferentes para intentar aclarar qué tipo de entrenamiento es el más adecuado para la población adulta mayor para poder hacer prescripciones del ejercicio físico más efectiva y adecuadas a las necesidades de esta población.

Se deben hacer estudios que utilicen diferentes materiales de índole propioceptivo, como bosus, fitballs, sistemas de entrenamiento en suspensión, (además de las sobrecargas) con el fin de conocer sus efectos en la coordinación, agilidad y control del propio cuerpo de los adultos mayores.

Son necesarios estudios que comprueben los efectos de estos tipos de entrenamientos sobre los valores biológicos del organismo, para así tener una mayor cantidad de información para poder realizar prescripciones del ejercicio físico ajustadas a las necesidades y particularidades individuales de las personas mayores.

Por la experiencia adquirida durante el proceso de tesis doctoral, se solicita la necesidad de ofrecer a la población adulta mayor en las diferentes instalaciones deportivas tanto públicas como privadas, programas de entrenamiento con sobrecargas sistematizados y planificados para poder ofrecerles mayores adaptaciones en la autonomía funcional y la independencia física. Ofrecer estos programas puede suponer, a corto y medio plazo, una reducción del gasto sanitario para el Estado español, así como un beneficio económico de dichas instalaciones deportivas al incluir nuevos usuarios que pronto pasarán a ocupar una gran parte de la población española.

Además, es imprescindible que en los centros de atención de personas mayores (residencias, centros de día y asociaciones privadas) se establezcan servicios de ejercicio físico que ofrezcan programas de entrenamiento adecuados para esta población con el fin de mejorar la calidad de vida de estas personas.

CAPÍTULO 10
BIBLIOGRAFÍA

*“En la lucha entre el río y la roca, ganará siempre el río,
pero no por su fuerza, si no por su constancia”*

Gautama Buda

- Aagaard P, Suetta C, Caserotti P, Magnusson SP & Kjaer M. (2010) Role of the nervous system in sarcopenia and muscle atrophy with aging: strength training as a countermeasure, *Scand J Med Sci Sports*. 20: 49–64.
- Abellán, A. & Ayala, A. (2012) Un perfil de las personas mayores en España, 2012. Indicadores estadísticos básicos. Madrid, Informes Portal Mayores, nº 131 (fecha de publicación: 01/06/2012)
- Abellán, A. & Esparza, C. (2011) Un perfil de las personas mayores en España, 2011. Indicadores estadísticos básicos. Madrid, Informes Portal Mayores, nº 127 (fecha de publicación: 28/10/2011).
- Ahn, N., Alonso, J. & Herce, J.A. (2003) Gasto sanitario y envejecimiento de la población en España. Fundación BBVA. Bilbao.
- Alexander, N.B., Ulbrich, J., Raheja, A. & Channer, D. (1997) Rising from the floors in older adults. *Journal of the American Geriatric Society*, 45: 564-569.
- Alvero-Cruz, J.R., Correas, L., Ronconi, M., Fernández, R. & Porta, J. (2011) La bioimpedancia eléctrica como método de estimación de la composición corporal: normas prácticas de utilización. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte*, 4(4):167-174
- American College of Sports Medicine (1998). Exercise and physical activity for older adults. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 30 (6): 992–1008.
- American College of Sports Medicine (1998). Position statement on the recommended quantify and quality of exercise for developing cardiorespiratory and muscular fitness in healthy adults. *Medicine and Science in Sport and Exercise*, 22: 265-274
- American College of Sports Medicine (2000). ACSM's guidelines for exercise testing and prescription (6th ed.). Philadelphia, PA: Lippincott, Williams & Wilkins.
- American College of Sports Medicine (2003) ACSM's Exercise Management for Persons with Chronic Diseases and Disabilities. 2nd Edition ed. Champaign, Illinois: Human Kinetics.
- American College of Sports Medicine (2010). ACSM's guidelines for exercise testing and prescription (8th ed.). Philadelphia, PA: Lippincott, Williams & Wilkins.

- Andreotti, R.A. & Okuma, S.S. (1999) Validação de uma bateria de testes de atividades da vida diária para idosos fisicamente independentes. *Revista Paulista de Educação Física*, 13: 46 – 66.
- Aragão, J.C. (2002) Efeitos da resistência muscular localizada visando a autonomia e a qualidade de vida de idosos. 332 f. Dissertação (Mestrado em Ciência da Motricidade Humana). *Universidade Castelo Branco - UCB*. Rio de Janeiro.
- Avila J.J., Gutierrez, J.A., Sheehy, M.E., Lofgren, I.E. & Delmonico, M.J. (2010) Effect of moderate intensity resistance training during weight loss on body composition and physical performance in overweight older adults. *European Journal of Appl Physiol*, 109: 517-525.
- Ayala, F., Sainz de Baranda, M.P. & Cejudo, A. (2012) El entrenamiento de la flexibilidad: técnicas de estiramiento. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte*. 5(3): 105-112.
- Balagopal, P., Rooyackers, O. E., Asey, D. B., Ades, P. A. & Nair, K. S. (1997). Effects of aging on in vivo synthesis of skeletal muscle myosin heavy-chain and sarcoplasmic protein in humans. *American Journal of Physiology*, 273, 790-800.
- Barak Y, Olmer A, Aizenberg D (2006). Antidepressants reduce the risk of suicide among elderly depressed patients. *Neuropsychopharmacology*, 31:178-81.
- Bean, J.F., Leveille, S.G., Kiely, D.K., Bandinelli, S., Guralnik, J.M., & Ferrucci L., (2003) A comparison of leg power and leg strength within the InCHIANTI study: which influences mobility more? *Journal of Gerontology: Medical Science*, 58(8):728-33
- Becerro, J.F. & Martínez-Almagro, A., (2007). Envejecimiento: Problemas y Soluciones. Murcia. Morphos.
- Becerro, M., (2000) Entrenamiento de fuerza para todos. Federación Internacional de Halterofilia.
- Bird, S.P., Tarpenning, K.M. & Marino, F.E., (2005): Designing resistance training programmes to enhance muscular fitness. A review of the acute programmes variables. *Sports Medicine*, 35(10): 841-851.

- Blanco, E. (2012) Efecto del entrenamiento de circuito de fuerza, de body-building y del sedentarismo, sobre el porcentaje en el compartimento muscular (Pm(%)) y compartimento grasa (Pg(%)), y en la capacidad máxima de oxígeno (VO₂máx) en la salud de adultos de 50-65 años. *Revista Extremeña sobre formación y educación (PaidereX)*, 3(2).
- Brandenburg, J. & Docherty, D. (2006) The effect of training volume on the acute response and adaptations to resistance training. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 1:108-121.
- Brandon, L.J., Gaasch, D.A., Bovette, L.W. & Lloyd, A.M. (2003) Effects of Long-Term Resistive Training on Mobility and Strength in Older Adults With Diabetes. *Journal of Gerontology: Medical Science*, 58(8): 740-745.
- Brzycki, M. (1993) Strength Testing. Predicting a One-Rep Max from Reps-to-Fatigue. *The Journal of physical education, recreation and dance*, 64.
- Cader, S.A., Pereira, F.D., Vale, R.G. & Dantas, E.H. (2007) Comparación de la fuerza de la musculatura inspiratoria entre mujeres mayores sedentarias y practicantes de hidrogimnasia. *Revista española de de geriatría y gerontología*, 42: 271-275.
- Carbonell, A., Aparicio, V.A. & Delgado, M. (2009). Effect of aging on physical fitness: implications in the recommendatios of physical activity for older adults. *Revista Internacional de Ciencias del Deporte*, (5): 1-18
- Carpinelli, R. Otto, R. & Winett, R. (2004) A critical analysis of the ACSM Position Stand on resistance training: insufficient evidence to support recommended training protocols. *Journal of Exercise Physiology online*, (3)
- Caserotti, P.; Aagaard, P.; Larsen, J.B., Puggaard, L. (2008) Explosive heavy-resistance training in old and very old adults: changes in rapid muscle force, strength and power. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 18 (6): 773-782.
- Cassilhas, R., Viana, V., Grassmann, V., Santos R.T., Santos, R., Tufik, S. & Mello, M. (2007) The Impact of Resistance Exercise on the Cognitive Function of the Elderly. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 39 (8): 1401-1407.
- Choquette, S., Bouchard, D.R., Doyon, C.Y., Sénéchal, M., Brochu, M. & Dionne, I.J., (2010) Relative strength as a determinant of mobility in elders 67-84

- years of age. A nuage study: nutrition as a determinant of successful aging. *The journal of Nutrition, Health & Aging*, 14 (3):190-195.
- Colado, J.C. (1996) *Fitness en la sala de musculación*. Barcelona. Inde.
- Colado, J.C., García-Masso, X., Rogers, M.E., Tella, J.B. & Dantas, E.H.M. (2012) Effects os acuatic and dry land resistance training devices ob body compositionand physical capacity in postmenopausal women. *Journal of Human Kinetics*, 32: 185-195.
- Cometti, G., (2005) *Los métodos modernos de musculación*. Badalona. Paidotribo.
- Conroy, B., Earle, R.W. (2004) *Bone, muscle, and connective tissue adaptation to physical activity* en Beachle & Earle. *Essentials of strength training and conditioning*. Human Kinetics. Champaign: EEUU.
- Conroy, D. & Coatsworth, J. (2007) Assessing autonomy-supportive coaching strategies in youth sport. *Psychology of Sport and Exercise*, 8, 671-684.
- Daley, M.J. & Spinks, W.L. (2000) Exercise, mobility and aging. *Sports Medicine*, 29 (1): 1-12.
- Daniel,F., Vale, R., Giani, T., Bacelar, S. & Dantas, E.H.M. (2012) Functional autonomy of elderly women enrolled in a physical activity program. *Acta Scientiarum. Health Sciences*, 34 (3): 151-156.
- Dantas, E.H.M. & Vale, R.G.S., (2004) GDLAM's protocol of functional autonomy evaluation. *Fitness & Performance Journal*, 3, 175–182.
- Dantas, E.H.M., Vale, R.G.S. (2008). *Atividade Física e Envelhecimento Saudavel primeira*. Rio de Janeiro.Ed. Shape.
- Del Campo, A. & Mínguez, Y., (2012). *Estudio de evaluación económica de la accidentabilidad de las personas mayores en España*. Fundación MAFRE.
- Deschenes, M.R. (2004) Effects of aging on muscle fibre type and size. *Sports Medicine*, 34: 809–824.
- Dreyer, H., Schroeder, E., Hawkins, S., Marcell, T., Tarpenning, K., Vallejo, A., Jenský, N., Shaibi, G., Spears, S., Yamada, R. & Wiswell, R., (2006) Chronic exercise and Skeletal muscle power in older men. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 31: 190-195.

- Dunstan, D.W., Daly, R.M., Owen, N., Jolley, D., De Courten, M., Shaw, J. & Zimmet, P. (2002) High-intensity resistance training improves glycemic control in older patients with type 2 diabetes. *Diabetes Care*, 25 (10).
- Dutta, C. (1997) Significance of sarcopenia in the elderly. *Journal Of Nutrition*, 123: 465-468.
- Elward K, Larson EB. (1992) Benefits of exercise for older adults: a review of existing evidence and current recommendations for the general population. *Clinics in Geriatric Medicine*, 8:35-50.
- Escolar, J.L., Pérez, C. & Corrales, R. (2003) Actividad física y enfermedad. *Anual de Medicina interna*. Madrid. 20 (8).
- Fatouros, I.G., Kambas, A., Katrabasas, I., Nikolaidis, k., Chazinikolaou, A., Leontsini, D. & Taxildaris, K. (2005) Strength training and detraining effects on muscular strength, anaerobic power, and mobility of inactive older men are intensity dependent. *British journal of Sports Medicine*, 39: 776-780.
- Feigenbaum, M. S. & M. L. Pollock. (1999) Prescription of resistance training for health and disease. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 31: 38-45.
- Ferrell W., Crichton A., Sturrock R. (1992). Age-dependent changes in position sense in human proximal interphalangeal joints. *Neuroreport*, 3: 259–261
- Ferrucci L, Guralnik JM, Buchner D, Kasper J, Lamb SE, Simonsick EM, et al. (1997) Departures from linearity in the relationship between measures of muscular strength and physical performance of the lower extremities: The Women's health and aging study. *Journals of Gerontology. Series A, Biological Sciences and Medical Sciences*, 52(5):275–285.
- Fiatarone, M.A., O'Neill, E.F., Ryan, N.D., Clements, K.M., Solares, G.R., Nelson, M.E., Roberts, S.B., Kehayias, J.J. Lipsitz, L.A. & Evans, W.J. (1994) Exercise training and nutritional supplementation for physical frailty in very elderly people. *The New England Journal of Medicine*, 330(25):1769-75.
- Flegg, J.L. & Lakatia, E.G. (1988) Role of muscle loss in the age-associated reduction in VO₂max. *Journal of Applied Physiology*, 65: 1147-51.
- Fraga, M.J., Cader, S.A. Ferreira, M.A., Giani, T.S. & Dantas E.H.M., (2011) Aerobic resistance, functional autonomy, and quality of life of elderly

- women impacted by a recreation and walking program. *Archives of Gerontology Geriatrics*, 52 (1), 40-43.
- Fraga, M.J., Cader, S.A., Ferreira, M.A., Giani, T.S. & Dantas, E.H.M. (2011) Aerobic resistance, functional autonomy and quality of life (QoL) of elderly women impacted by a recreation and walking program. *Archives of Gerontology and Geriatrics*, 52 (1): 40-43.
- Frontera, W. R.& Bigard, X. (2002) The benefits of strength training in the elderly. *Science and Sports*, 17 (3): 109-116.
- Galvão, D. & Taaffe, D. (2005) Resistance Training for the Older Adult: Manipulating Training Variables to Enhance Muscle Strength. *Strength and Conditioning Journal*, 27(3):48-54.
- García Barrero, P. & Portera Sánchez, A., (2001) Envejecimiento y cultura. Madrid: Instituto de España en Becerro, J.F. & Martínez-Almagro, A., (2007). Envejecimiento: Problemas y Soluciones. Murcia. Morphos.
- Gonzálezjurado, J. A., León-Prados, J.A., Nuviola, A. & Molina, E. (2011) Efecto de un programa de fuerza contra resistencia sobre componentes de la aptitud física en mujeres mayores. *Pensar en Movimiento: Revista de Ciencias del Ejercicio y la Salud*, 9 (1): 1-11.
- Granhad, H., Jhonson, R. & Hansson, T. (1987) The load on the lumbar spine during extreme weightlifting. *Spine*, 12: 146-149.
- Guimarães, A. C., Rocha, C.A.Q.C.; Gomes, A. L. M.; Cader, A. S.; Dantas, E. H. M. (2008) Efeitos de um programa de atividade física sobre o nível de autonomia de idosos participantes do programa de saúde da família. *Fitness and Performance Journal*, 7,(1): 5-9.
- Guralnik, J.M., Ferrucci, L., Per, C.F., Leveille, S.G., Markides, K.S., Ostir, G.V., et al., (2000) Lower Extremity Function And Subsequent Disability Consistency Across Studies, Predictive Models And Value Of Gait Speed Alone Compared With The Short Physical Performance Battery. *Journal of Gerontology: Medical Science*, 55: 221-231.
- Häkkinen, K. (2000) Adaptación Neuromuscular al Entrenamiento de la Fuerza en Hombres y Mujeres. Resúmenes del 1º Simposio Internacional de Fuerza y Potencia relacionadas con los Deportes, la actividad Física, el Fitness y la Rehabilitación.

- Hakkinen, K., Kallinen, M., Izquierdo, M., Jokelainen, K., Lassila, H., Malkia, E., Kraemer, W.J., Newton, R.U. & Alen M. (1998) Changes in agonist/antagonist EMG, muscle CSA, and force during strength training in middle-aged and older people. *Journal of Applied Physiology*, 84: 1341–1349.
- Hakkinen, K., Kraemer, W.J., Newton, R.U. & Alen, M. (2001) Changes in electromyographic activity, muscle fibre and force production characteristics during heavy resistance/power strength training in middle-aged and older men and women. *Acta Physiologica Scandinavica*, 171: 51–62.
- Hakkinen, K., Newton, R.U., Evans, W.J., Campbell, W.W. Gordon, S.E., Gotshalk, L.A., McCormick, M., Volek, J. & Nindl, B.C. (2007). Cambios en la morfología muscular, actividad electromiografía y en las características de producción de fuerza durante el entrenamiento progresivo de sobrecarga en hombres jóvenes y ancianos. *g-se.com/a/784*.
- Halton, R.W., Kraemer, R.R., Sloan, A., Hebert, E.P. Frank, K. & Trniecki, J.L. (1999) Circuit weight training and its effects on excess post exercise oxygen consumption. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 31(11): 1613:1618
- Hanson, E. D., Srivatsan, S. R., Agrawal, S., Menon, K. S., Delmonico, M. J., Wang, M. Q., et al. (2009). Effects of strength training on physical function: influence of power, strength, and body composition. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(9), 2627-2637.
- Hardman, A & Stensel, D., (2009) Physical activity and health. The evidence Explained. New York. Routledge.
- Hass, C.J., Feigenbaum, M.S. & Franklin, B.A. (2001) Prescription of resistance training for healthy population. *Sports Medicine*, 31 (14): 953-964.
- Hawkins, S.A. & Wiswell, R.A. (2003). Oxygen consumption decline with aging implications for exercise training. *Sport Medicine*, 33 (12), 877-888)
- Hess, J.A. & Woollacott, M (2005) effect of high-intensity strength-training on functional measures of balance ability in balance-impaired older adults. *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics*, 28 (8).
- Hibberd, M. G., & Trentham, D. R. (1986). Relationships between chemical and mechanical events during muscular contraction. *Annual Review of Biophysics and Biophysical Chemistry*, 15: 119–161.

- Hollenberg, M., Yang, J., Haight, T.J. & Tager, I.B. (2006). Longitudinal changes in aerobic capacity: implications for concepts of aging. *Journal of Gerontology. Biol. Sci. Med. Sci.*, 61, 851-858.
- Holterman, C.E. & Rudnicki, M.A. (2005) Molecular regulation of satellite cell function. *Seminars in Cell and Developmental Biology*, 16: 575–584.
- Horak FB, Shupert CL, Mirka A (1989) Components of postural dyscontrol in the elderly: a review. *Neurobiol Aging*, 10: 727-738.
- Hunter, G., McCarthy, J.P. y Bamman, M. (2004) Effects of resistance Training on older adults. *Sports Medicine*. 34 (5): 329-348.
- INE (2012). Proyecciones de Población 2012. *Notas de prensa* (publicada el 19 de noviembre de 2012, actualizada el 04 de diciembre de 2012).
- INE (2013) Encuesta nacional de salud de España, 2012. *Notas de prensa* (publicado el 14 de marzo del 2012).
- Izquierdo M., Häkkinen K., Ibanez J., Antón A., Garrués M., Ruesta M., Gorostiaga E.M. (2003) Effects of strength training on submaximal and maximal endurance performance capacity in middle-aged and older men. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 17:129–139.
- Jiménez, A (Coord.) (2005): Entrenamiento personal. Fundamentos, métodos y aplicaciones. Barcelona. Inde.
- Jiménez, A. (2006) Entrenamiento de la fuerza y salud. Efectos positivos de los cambios producidos por el entrenamiento de fuerza sobre la salud. *PubiCe Standard*.
- Kalapocharakos, V.I., Michalopoulou, M., Godolias, G., Tokmakidis, S.P., Malliou, P.V. & Gourgoulis, V. (2004) The Effects of High- and Moderate-Resistance Training on Muscle Function in the Elderly. *Journal of Aging and Physical Activity*, 11. 131-143.
- Katula, J.E., Rejeski, W.J. & Marsh, A. (2008) Enhancing quality of life in older adults: A comparison of muscular strength and power training. *Health and quality of live outcomes*, 6: 45.
- Kejonen, P., Kari, K., Rabiul, A. & Heikki, V. (2002) Motion analysis measurements of body movements during standing: association with age and sex. *International Journal of Rehabilitation Research*, 25 (4): 297-304.

- Kejonen, Pirjo (2002) Body movements during postural stabilization. Measurements with a motion analysis system. Department of Physical Medicine and Rehabilitation, University of Oulu, Finland.
- Kido, A., Tanaka, N. & Stein, R.B. (2004) Spinal reciprocal inhibition in human locomotion. *Journal of Applied Physiology*, 96:5 1969-1977.
- Kosek, D.J., Kim, J., Petrella, J.K., Cross, J.M. & Bamman, M.M. (2006) Efficacy of 3 days/wk resistance training on myofiber hypertrophy and myogenic mechanisms in young vs. older adults. *Journal of Applied Physiology*, 101: 531-544.
- Lauretani, F., Russo, C.R., Bandinelli, S., Bartali, B., Cavazzini, C., Di Iorio, A., Corsi, A.A., Rantanen, T., Guralnik, J.M. & Ferrucci, L. (2003) Age-associated changes in skeletal muscles and their effect on mobility: an operational diagnosis of sarcopenia. *Journal of Applied Physiology*, 95:1851-1860.
- Lexell, J. & Taylor, C.C. (1991) Variability in muscle fiber areas in whole human quadriceps muscle: Effects of increasing age. *Journal of anatomy*, 174: 239-249.
- Manini, T. M., Druger, M., & Ploutz-Snyder, L. (2005). Misconceptions about strength exercise among older adults. *Journal of Aging & Physical Activity*, 13(4), 422-433.
- Martyn-ST, J.M. & Carrol, S. (2006) High-intensity resistance training and postmenopausal bone loss: a meta analysis. *Osteoporosis International*. 17: 1225-40.
- Matsudo, S.M.M. (2002) Envelhecimento, atividade física e saúde. *Revista Mineira de Educação Física*, 10 (1): 193-207.
- Matsudo, S.M.M., Matsudo, V.K.R. & Barros Neto, T.L. (2001). Atividade física e envelhecimento: aspectos epidemiológicos. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, 7(1): 2-14.
- Mayer, F., Scharhag-Rosenberger, F., Carlsohn, A., Cassel, M., Müller, S. & Scharhag, J. (2011) The Intensity and Effects of Strength Training in the Elderly. *Deutsches Ärzteblatt International*, 108(21): 359-64.

- McCarthy, J.P., Agre, J.C., Graf, B.K., Pozniak, M.A. & Vailas, A.C. (1995) Compatibility of adaptative responses with combining strength and endurance training. *Medicine Science & Sports Exercise*, 27 (3): 429-436.
- Melnyk M, Kofler B, Faist M, Hodapp M, Gollhofer A. (2008) Effect of a whole-body vibration session on knee stability. *International Journal of Sports Medicine*, 29: 839-844.
- Nakajima, T., Yasuda, T, Sato, Y, Morita, T & Yamasoba, T. (2011) Effects of exercise and anti-aging. *Journal of Anti-Aging Medicine*, 8 (7): 92-102.
- Newman, A.B., Kupelian, V., Visser, M., Simonsick, E.M., Goodpaster, B.H., Kritchevsky, S.,B., Tyllavsky, F.A., Rubin, S.M. & Harris, T.B. (2006) Strength but not muscle mass, is associates with mortality in the health, agin and body composition study cohort. *Journal of Gerontology: Medical Sciences*, 61A (1): 72-77.
- Newton RU, Häkkinen K, Häkkinen A, McCormick M, Volek J, and Kraemer. WJ (2002). Mixed-methods resistance training increases power and strength of young and older men. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 34 (8): 1367-1375.
- Nieman, D. C. (1999). *Exercício e saúde*. 1ª edição. São Paulo: Manole.
- OECD (2012). *OECD Economic Surveys: Spain 2012*, OECD Publishing. http://dx.doi.org/10.1297/eco_surveys-esp-2012-en.
- OMS (2012) *Estadísticas sanitarias mundiales*. OMS.
- Orquín, F.J., Torres, G. & Ponce de León, F. (2009) Efectos de un entrenamiento de fuerza sobre parámetros cardiorrespiratorios. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*, 9 (35): 299-311.
- Orquín, F.J., Torres, G. & Ponce de León, F. (2009) Efectos de un programa de entrenamiento de fuerza sobre la composición corporal y la fuerza máxima en jóvenes entrenados. *Apunts de Medicina de l'Sport*, 164 (44): 156-162
- Papaléo Netto, M. (1996). *Gerontologia*. São Paulo: Atheneu.
- Pereira, F.F., Vale, M.N., Gomes, R.G.S., Novaes, A.L.M., Faria, J.S., & Dantas, E.H.M. (2007). Efecto del entrenamiento de fuerza sobre la autonomía funcional en mujeres mayores sanas. *Revista Española de Geriatria y Gerontología*, 42, 319-324.

- Pernambuco, C., Borba-Pinheiro, Vale, R., Di Masi, F., Pinheiro, P. K., Dantas, E., Teasdale, N., Stelmach, G.E. & Breuning, A. (2013) Functional autonomy, bone mineral density and serum osteocalcin levels in older female participants of an aquatic exercise program. *Archives of Gerontology and Geriatrics*, 56: 466–471.
- Petrella R.J. & Chudyk, A. (2008) Exercise prescription in the older athlete as it applies to muscle, tendon, and arthroplasty. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 18: 522–30.
- Posner, J.D., Mccully, K.K., Landsberg, L.A., Sands, L.P., Tycenski, P, Holfmann, M.T., Wetterholt, K.L. & Shaw, C.E. (1995) Physical determinants of independence in mature women. *Archive of Physical Medicine and Rehabilitation*, 76: 373–380.
- Reeves, N.D., Narici, M.V. & Maganaris, C.N. (2003) Strength training alters the viscoelastic properties of tendons in elderly humans. *Muscle Nerve*, 28: 74 – 81.
- Rikli R.E. & Jones C.J. (2001) *Senior Fitness Test Manual*. Champaign IL: Human Kinetics.
- Rippe, J.M, Ward, A., Porcari, J.P. & Freedson, P.S. (1988) Walking for Health and Fitness. *The Journal of the American Medical Association*, 259 (18): 2720-2724.
- Sakamoto, A., & Sinclair, P.J. (2006) Effect of movement velocity on the relationship between training load and the number of repetitions of bench press. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 20(3): 523-527.
- Sayers, S.P., (2007) High speed power training: a Novel Approach to resistance training in older men and women. A brief review and pilot study. *Journal of Strength and conditioning research*. 21 (2): 518-526.
- Sayers, S.P., (2008) High Velocity Power Training in Older Adults. *Current Aging Science*, 1: 62-67.
- Seynnes, O., Singh, F., Hue, O., Pras, P., Legros, P.& Bernard, P. (2004) Physiological and functional responses to low-moderate versus high-intensity progressive resistance training in frail elders. *Journal of Gerontology: medical Sciences*, 59 (5): 503-509.

- Shumway-Cook, A. & Woollacott, M. (1995). *Motor Control, Theory and Practical Applications*. Baltimore: Williams and Wilkins.
- Siff, M., Verkhoshansky, Y.V. (1996) *Supertraining. Special strength training for sporting excellence*. Escondido, CA.Sports training.
- Silva, J.G.B.F.; Cader, S.A., Dopico, X., Soler, E.I. & Dantas, E. H. M. (2009). Fortalecimiento muscular, niveles de fuerza muscular y autonomía funcional en una población de mujeres mayores. *Revista Española de Geriatria y Gerontología*, 44, (5): 256-261.
- Sipilä, S., Multanen, J., Kallinen, M., Era, P. & Suominen, H. (1996) Effects of Strength and Endurance Training on Isometric Muscle Strength and Walking Speed in Elderly Women. *Acta Physiologica Scandinavica*, 156: 457-464.
- Sousa, N., Mendes, R., Abrantes, C. & Sampaio, J. (2011) Differences in maximum upper and lower limb strength in Older adults after a 12 week intense resistance training program. *Journal of human Kinetics*, 30: 183-188.
- Spreuwenberg, L.P, Kraemer, W.J., Spiering, B.A., Volek, J.S., Hatfield, D. L., Silvestre, R., Vingren, J.L., Fragala, M.S., Hakkinen, K., Newton, R.U., Maresh, C. M. & Fleck, S. (2006) Influence of exercise order in a resistance-training exercise session. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 20 (1): 141-144.
- Stefanick, M.L. (1993) Exercise and weight control. *Exercise Sport Sciences Reviews*, 21: 363-396.
- Taaffe, D.R., Pruitt, L., Pyka, G., Guido ,D. & Marcus R. (1996) Comparative effects of high- and low-intensity resistance training on thigh muscle strength, fiber area, and tissue composition in elderly women, 16(4):381-92.
- Teasdale, N., Stelmach, G.E., & Breuning, A. (1991). Postural sway characteristics of the elderly under normal and altered visual and support surface conditions. *Journal of Gerontology*, 46, 238-243.
- Trappe, S., Williamson, D., Godard, M., Porter, D., Rowden, G. & Costill, D. (2000). Effect of resistance training on single muscle fiber contractile function in older men. *Journal of Applied Physiology*, 89: 143–152.

- Tuna, H., Edeer, A., Malkoc, M. & Aksakoglu, G. (2009) Effect of age and physical activity level on functional fitness in older adults. *European Review of Aging and Physical Activity*, 6:99-106.
- Uher, I., Svedová, M. P., Brtková, M. & Junger, J. (2010) Effect of resistance training on functional fitness in elderly men. *Kinesiología Slovenica*, 16 (1-2): 68-74.
- Visser, M., Goodpaster, B.H., Kritchevsky, S.T., Newman, A.B., Nevitt, M., Rubin, S.M Simonsick, E. & Harris, T., (2005) Muscle Mass, Muscle Strength, and Muscle Fat Infiltration as Predictors of Incident Mobility Limitations in Well-Functioning Older Persons. *Journal of Gerontology*, 60 (3): 324-333.
- Vuori, I. (1995). Exercise and physical health: Musculoskeletal health and functional capabilities. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 66, 276-285.
- Wallerstein, L.F., Tricoli, V., Barroso, R., Rodacki, A., Russo, L., Yui Aihara, A., Correa Fernandes, A., Tulio de Mello, M., & Ugrinowitsch, C. (2012) Effects of Strength and Power Training on Neuromuscular Variables in Older Adults. *Journal of Aging and Physical Activity*, 20: 171-185.
- Warburton, D., Gledhill, N. & Quinney, A. (2001) The effects of changes in musculoskeletal fitness on health. *Canadian Journal appl Physiol*, 26(2): 161-216.
- Wilmore, J. & Costill, D. (2006) Fisiología del esfuerzo y del deporte. Badalona. Paidotribo.
- Wolfe, B.L., LeMura, L.M. & Cole P., (2004) Quantitative analysis of Single- vs. multiple- set programs in resistance training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 18(1): 35-47.
- Yim-Chiplis P.K. & Talbot, L.A. (2000) Defining and measuring balance in adults. *Biological Research for Nursing*, 1: 321-331.
- Yu, F., Hedström, M., Cristea, A., Dalén, N. & Larsson, L. (2007) Effects of ageing and gender on contractile properties in human skeletal muscle and single fibres. *Acta Physiologica (Oxford)*, 190 (3): 229-241.
- Zimmerman, K. (2004) Entrenamiento muscular. Barcelona. Paidotribo.

CAPÍTULO 11
AXEXOS

*“A la cima no se llega superando a los demás,
sino a uno mismo”*

(Anónimo)

ANEXO I: CONSENTIMIENTO INFORMADO



Vicerrectorado de Investigación

CONSENTIMIENTO INFORMADO

Yo,, con DNI:.....

DECLARO:

Haber sido informado/a del estudio y procedimientos de la investigación. Los investigadores que van a acceder a mis datos personales y a los resultados de las pruebas son: Dr. Pablo Marcos Pardo y D. Fco Javier Orquín Castañón

Asimismo, he podido hacer preguntas del estudio, comprendiendo que me presto de forma voluntaria al mismo y que en cualquier momento puedo abandonarlo sin que me suponga perjuicio de ningún tipo.

CONSIENTO:

- 1.-) Someterme a las siguientes pruebas exploratorias (en su caso):
- Cuestionario de motivación.
 - Cuestionario de preparación de actividad física (PAR-Q).
 - Cuestionario de hábitos de práctica física (IPAQ).
 - Cuestionario de calidad de vida (WHOQOL-Old).
 - Prueba de estimación de la fuerza resistencia muscular (Estimación 15RM).
 - Prueba de estimación de la resistencia aeróbica (Test de la Milla)

- 2.-) El uso de los datos obtenidos según lo indicado en el párrafo siguiente:

En cumplimiento de la Ley Orgánica 15/1999, de 13 de diciembre, de Protección de Datos de Carácter Personal, le comunicamos que la información que ha facilitado y la obtenida como consecuencia de las exploraciones a las que se va a someter pasará a formar parte del fichero automatizado INVESALUD, cuyo titular es la FUNDACIÓN UNIVERSITARIA SAN ANTONIO, con la finalidad de INVESTIGACIÓN Y DOCENCIA EN LAS ÁREAS DE CONOCIMIENTO DE SALUD Y DEPORTES. Tiene derecho a acceder a esta información y cancelarla o rectificarla, dirigiéndose al domicilio de la entidad, en Avda. de los Jerónimos de Guadalupe 30107 (Murcia). Esta entidad le garantiza la adopción de las medidas oportunas para asegurar el tratamiento confidencial de dichos datos.

En Los Alcázares (Murcia) a 6 de febrero de 2012.

El investigador,

Fdo:.....

Fdo:.....



UCAM. Vicerrectorado de Investigación. Campus de los Jerónimos. 30107 GUADALUPE (Murcia)

ANEXO II: PAR-Q



PAR-Q

Cuestionario de Preparación
para la Actividad Física
(revisado 2002)

(Un cuestionario para gente de 15 a 69 años)

La actividad física regular es sana y divertida, y cada vez mas gente esta comenzando a estar más activa cada día. Ser más activo es muy seguro para la mayoría de la gente. Entretanto, alguna gente podría tener que chequearse con su médico antes de comenzar a estar físicamente más activo.

Si usted está planeando comenzar a estar más activo físicamente de lo que está ahora, comience por contestar las siete preguntas en el recuadro de abajo. Si usted está entre la edad de 15 a 69 años, el PAR-Q le dirá si usted debería chequearse con su médico antes de comenzar. Si usted es mayor de 69 años, y no está acostumbrado a ser muy activo, consulte con su médico.

El sentido común es su mejor guía cuando usted conteste estas preguntas. Por favor, lea las preguntas cuidadosamente y conteste cada una con honestidad: confirme SI o NO.

Si	No	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1. ¿Le ha dicho su médico alguna vez que padece una enfermedad cardiaca y que sólo debe hacer aquella actividad física que le aconseje un médico?
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	2. ¿Tiene dolor en el pecho cuando hace actividad física?
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	3. ¿ En el último mes, ha tenido dolor en el pecho cuando no hacia actividad física?
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	4. ¿Pierde el equilibrio debido a mareos o se ha desmayado alguna vez?
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	5. ¿Tiene problemas en huesos o articulaciones (por ejemplo, espalda, rodilla o cadera) que puedan empeorar si aumenta la actividad física?
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	6. ¿Le receta su médico algún medicamento para la tensión arterial o un problema cardiaco?
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	7. ¿Conoce alguna razón por la cual no debería realizar actividad física?

SI a una o más preguntas

Si

Usted

Respondió

Hable con su médico por teléfono o en persona ANTES de empezar a estar más activo físicamente, o ANTES de tener una evaluación de su condición física. Dígale a su médico que realizó este cuestionario y las preguntas que usted respondió que SI.

- Usted puede estar listo para realizar cualquier actividad que desee, siempre y cuando comience lenta y gradualmente. O bien, puede que tenga que restringir su actividad a las que sea más segura para usted. Hable con su médico sobre el tipo de actividades que desea participar y siga su consejo.
- Busque programas en lugares especializados que sean seguros y beneficiosos para usted.

NO a todas las preguntas

Usted puede comenzar, de forma razonablemente segura:

- a estar mucho más activo físicamente, comenzando de a poco y aumentando gradualmente. Este es la forma más segura y más fácil.
- realizar una evaluación de su condición física por personal cualificado, lo cual es un excelente camino para determinar su nivel actual, de forma de poder planificar mejor la forma de ser una persona activa.
- Es muy recomendable también que evalúe su tensión arterial. Si usted tiene más de 144/94, hable con su médico antes de comenzar a realizar más actividad física.

Retrase comenzar a ser más activo:

- Si usted no se siente bien a causa de una enfermedad temporal, tal como un catarro o fiebre, y espere hasta que se sienta mejor; o
- Si usted esta o puede estar embarazada, hable con su médico antes de comenzar a estar físicamente más activa.

Por favor, si algún cambio en su salud hiciera que tuviera que responder **SI** a algunas de las preguntas, dígaselo a su médico o entrenador. Pregunte entretanto si debe cambiar su plan de actividad física

Aviso: La Sociedad Canadiense de Fisiología del Ejercicio, Salud Canadá, y sus agentes no asumen ninguna responsabilidad legal para las personas que realizan actividad física, y en caso de duda después de completar este cuestionario, consulte a su médico antes de la actividad física.

"He leído, comprendido y completado este cuestionario. Todas las preguntas fueron respondidas a mi entera satisfacción."

Nombre _____ Fecha _____

Firma _____ (padre-madre/tutor si menor de edad) Testigo _____

Nota: Este cuestionario es válido para un máximo de 12 meses a partir de la fecha en que se completa y se convierte en inválido si su condición cambia de manera que usted debería responder SI a cualquiera de las siete preguntas.

ANEXO III: CUESTIONARIO DE ACTIVIDAD FÍSICA

CUESTIONARIO INTERNACIONAL DE ACTIVIDAD FÍSICA

Estamos interesados en saber acerca de la clase de actividad física que la gente hace como parte de su vida diaria. Las preguntas se referirán acerca del tiempo que usted utilizó siendo físicamente activo(a) en los **últimos 7 días**. Por favor responda cada pregunta aún si usted no se considera una persona activa. Por favor piense en aquellas actividades que usted hace como parte del trabajo, en el jardín y en la casa, para ir de un sitio a otro, y en su tiempo libre de descanso, ejercicio o deporte.

Piense acerca de todas aquellas actividades **vigorosas** y **moderadas** que usted realizó en los **últimos 7 días**. Actividades **vigorosas** son las que requieren un esfuerzo físico fuerte y le hacen respirar mucho más fuerte que lo normal. Actividades **moderadas** son aquellas que requieren un esfuerzo físico moderado y le hace respirar algo más fuerte que lo normal.

PARTE 1: ACTIVIDAD FÍSICA RELACIONADA CON EL TRABAJO

La primera sección es relacionada con su trabajo. Esto incluye trabajos con salario, agrícola, trabajo voluntario, clases, y cualquier otra clase de trabajo no pago que usted hizo fuera de su casa. No incluya trabajo no pago que usted hizo en su casa, tal como limpiar la casa, trabajo en el jardín, mantenimiento general, y el cuidado de su familia. Estas actividades serán preguntadas en la parte 3.

1. ¿Tiene usted actualmente un trabajo o hace algún trabajo no pago fuera de su casa?

Sí

No →

Pase a la PARTE 2: TRANSPORTE

Las siguientes preguntas se refieren a todas las actividades físicas que usted hizo en los **últimos 7 días** como parte de su trabajo pago o no pago. Esto no incluye ir y venir del trabajo.

2. Durante los **últimos 7 días**, ¿Cuántos días realizó usted actividades físicas **vigorosas** como levantar objetos pesados, excavar, construcción pesada, o subir escaleras como parte de su trabajo? Piense solamente en esas actividades que usted hizo por lo menos 10 minutos continuos.

_____ días por semana

Ninguna actividad física vigorosa relacionada con el trabajo →
Pase a la pregunta 4

No sabe/No está seguro(a)

15

3. ¿Cuánto tiempo en total usualmente le toma realizar actividades físicas **vigorosas** en uno de esos días que las realiza como parte de su trabajo?

____ horas por día
____ minutos por día

No sabe/No está seguro(a)

4. Nuevamente, piense solamente en esas actividades que usted hizo por lo menos 10 minutos continuos. Durante los **últimos 7 días**, ¿Cuántos días hizo Usted actividades físicas **moderadas** como cargar cosas ligeras como parte de su trabajo? Por favor no incluya caminar.

____ días por semana

No actividad física moderada relacionada con el trabajo

Pase a la pregunta 6



5. ¿Cuánto tiempo en total usualmente le toma realizar actividades físicas **moderadas** en uno de esos días que las realiza como parte de su trabajo?

____ horas por día
____ minutos por día

No sabe/No está seguro(a)

6. Durante los **últimos 7 días**, ¿Cuántos días caminó usted por lo menos 10 minutos continuos como parte de su trabajo? Por favor no incluya ninguna caminata que usted hizo para desplazarse de o a su trabajo.

____ días por semana

Ninguna caminata relacionada con trabajo

Pase a la PARTE 2: TRANSPORTE



7. ¿Cuánto tiempo en total pasó generalmente caminado en uno de esos días como parte de su trabajo?

____ horas por día
____ minutos por día

No sabe/No está seguro(a)

5N

PARTE 2: ACTIVIDAD FÍSICA RELACIONADA CON TRANSPORTE

Estas preguntas se refieren a la forma como usted se desplazó de un lugar a otro, incluyendo lugares como el trabajo, las tiendas, el cine, entre otros.

8. Durante los últimos 7 días, ¿Cuántos días viajó usted en un vehículo de motor como un tren, bus, automóvil, o tranvía?

_____ días por semana

No viajó en vehículo de motor



Pase a la pregunta 10

9. Usualmente, ¿Cuánto tiempo gastó usted en uno de esos días viajando en un tren, bus, automóvil, tranvía u otra clase de vehículo de motor?

_____ horas por día

_____ minutos por día

No sabe/No está seguro(a)

Ahora piense únicamente acerca de montar en bicicleta o caminatas que usted hizo para desplazarse a o del trabajo, haciendo mandados, o para ir de un lugar a otro.

10. Durante los últimos 7 días, ¿Cuántos días montó usted en bicicleta por al menos 10 minutos continuos para ir de un lugar a otro?

_____ días por semana

No montó en bicicleta de un sitio a otro



Pase a la pregunta 12

11. Usualmente, ¿Cuánto tiempo gastó usted en uno de esos días montando en bicicleta de un lugar a otro?

_____ horas por día

_____ minutos por día

No sabe/No está seguro(a)

12. Durante los últimos 7 días, ¿Cuántos días caminó usted por al menos 10 minutos continuos para ir de un sitio a otro?

_____ días por semana

No caminatas de un sitio a otro



**Pase a la PARTE 3: TRABAJO
DE LA CASA,
MANTENIMIENTO DE LA
CASA, Y CUIDADO DE LA
FAMILIA**

13. Usualmente, ¿Cuánto tiempo gastó usted en uno de esos días caminando de un sitio a otro?

_____ horas por día

_____ minutos por día

No sabe/No está seguro(a)

PARTE 3: TRABAJO DE LA CASA, MANTENIMIENTO DE LA CASA, Y CUIDADO DE LA FAMILIA

Esta sección se refiere a algunas actividades físicas que usted hizo en los últimos 7 días en y alrededor de su casa tal como como arreglo de la casa, jardinería, trabajo en el césped, trabajo general de mantenimiento, y el cuidado de su familia.

14. Piense únicamente acerca de esas actividades físicas que hizo por lo menos 10 minutos continuos. Durante los últimos 7 días, ¿Cuántos días hizo usted actividades físicas vigorosas tal como levantar objetos pesados, cortar madera, palear nieve, o excavar en el jardín o patio?

_____ días por semana

- Ninguna actividad física vigorosa en el jardín o patio →
Pase a la pregunta 16

15. Usualmente, ¿Cuánto tiempo dedica usted en uno de esos días haciendo actividades físicas vigorosas en el jardín o patio?

_____ horas por día
_____ minutos por día

- No sabe/No está seguro(a)

16. Nuevamente, piense únicamente acerca de esas actividades físicas que hizo por lo menos 10 minutos continuos. Durante los últimos 7 días, ¿Cuántos días hizo usted actividades físicas moderadas tal como cargar objetos livianos, barrer, lavar ventanas, y rastrillar en el jardín o patio?

_____ días por semana

- Ninguna actividad física moderada en el jardín o patio →
Pase a la pregunta 18

17. Usualmente, ¿Cuánto tiempo dedica usted en uno de esos días haciendo actividades físicas moderadas en el jardín o patio?

_____ horas por día
_____ minutos por día

- No sabe/No está seguro(a)

157

18. Una vez más, piense únicamente acerca de esas actividades físicas que hizo por lo menos 10 minutos continuos. Durante los últimos 7 días, ¿Cuántos días hizo usted actividades físicas moderadas tal como cargar objetos livianos, lavar ventanas, estregar pisos y barrer dentro de su casa?

_____ días por semana

Ninguna actividad física moderada dentro de la casa →

**Pase a la PARTE 4:
ACTIVIDADES FÍSICAS DE
RECREACIÓN, DEPORTE Y
TIEMPO LIBRE**

19. Usualmente, ¿Cuánto tiempo dedica usted en uno de esos días haciendo actividades físicas moderadas dentro de su casa?

_____ horas por día

_____ minutos por día

No sabe/No está seguro(a)

PARTE 4: ACTIVIDADES FÍSICAS DE RECREACIÓN, DEPORTE Y TIEMPO LIBRE

Esta sección se refiere a todas aquellas actividades físicas que usted hizo en los últimos 7 días únicamente por recreación, deporte, ejercicio o placer. Por favor no incluya ninguna de las actividades que ya haya mencionado.

20. Sin contar cualquier caminata que ya haya usted mencionado, durante los últimos 7 días, ¿Cuántos días caminó usted por lo menos 10 minutos continuos en su tiempo libre?

_____ días por semana

Ninguna caminata en tiempo libre



Pase a la pregunta 22

21. Usualmente, ¿Cuánto tiempo gastó usted en uno de esos días caminando en su tiempo libre?

_____ horas por día

_____ minutos por día

No sabe/No está seguro(a)

22. Piense únicamente acerca de esas actividades físicas que hizo por lo menos 10 minutos continuos. Durante los últimos 7 días, ¿Cuántos días hizo usted actividades físicas vigorosas tal como aeróbicos, correr, pedalear rápido en bicicleta, o nadar rápido en su tiempo libre?

_____ días por semana

Ninguna actividad física vigorosa en tiempo libre



Pase a la pregunta 24

23. Usualmente, ¿Cuánto tiempo dedica usted en uno de esos días haciendo actividades físicas vigorosas en su tiempo libre?

_____ horas por día

_____ minutos por día

No sabe/No está seguro(a)

24. Nuevamente, piense únicamente acerca de esas actividades físicas que hizo por lo menos 10 minutos continuos. Durante los **últimos 7 días**, ¿Cuántos días hizo usted actividades físicas **moderadas** tal como pedalear en bicicleta a paso regular, nadar a paso regular, jugar dobles de tenis, en su tiempo libre?

_____ días por semana

Ninguna actividad física moderada en tiempo libre



Pase a la PARTE 5: TIEMPO DEDICADO A ESTAR SENTADO(A)

25. Usualmente, ¿Cuánto tiempo dedica usted en uno de esos días haciendo actividades físicas **moderadas** en su tiempo libre?

_____ horas por día

_____ minutos por día

No sabe/No está seguro(a)

PARTE 5: TIEMPO DEDICADO A ESTAR SENTADO(A)

Las últimas preguntas se refieren al tiempo que usted permanece sentado(a) en el trabajo, la casa, estudiando, y en su tiempo libre. Esto incluye tiempo sentado(a) en un escritorio, visitando amigos(as), leyendo o permanecer sentado(a) o acostado(a) mirando televisión. No incluya el tiempo que permanece sentado(a) en un vehículo de motor que ya haya mencionado anteriormente.

26. Durante los últimos 7 días, ¿Cuánto tiempo permaneció sentado(a) en un día en la semana?

____ horas por día
____ minutos por día

No sabe/No está seguro(a)

27. Durante los últimos 7 días, ¿Cuánto tiempo permaneció sentado(a) en un día del fin de semana?

____ horas por día
____ minutos por día

No sabe/No está seguro(a)

Este es el final del cuestionario, gracias por su participación.

ANEXO IV: COMITÉ DE ÉTICA



COMITÉ DE ÉTICA DE LA UCAM

DATOS DEL PROYECTO

Título:		Análisis de los efectos del uso de una intervención motivacional en programas de ejercicio físico sobre indicadores de salud, la autonomía funcional, el equilibrio y la calidad de vida en mayores de 65 años	
DNI:	Nombre y Apellidos:	Datos del Investigador Principal	
		Apellidos y nombre:	Pablo Marcos Pardo
		Correo electrónico:	pmarcos@ucam.edu
		Investigador Principal	

INFORME DEL COMITÉ

Fecha	2/3/12
--------------	--------

Tipo de Experimentación

Investigación experimental clínica con seres humanos.	no
Utilización de tejidos humanos procedentes de pacientes, tejidos embrionarios o fetales.	no
Utilización de tejidos humanos, tejidos embrionarios o fetales procedentes de bancos de muestras o tejidos.	no
Investigación observacional con seres humanos o uso de datos personales, información genética, etc.	sí
Experimentación animal.	no
Utilización de agentes biológicos de riesgo para la salud humana, animal o las plantas.	no
Uso de organismos modificados genéticamente (OMGs).	no

Comentarios Respecto al tipo de Experimentación

Nada obsta

Comentarios Respecto a la metodología de experimentación

--



COMITÉ DE ÉTICA DE LA UCAM

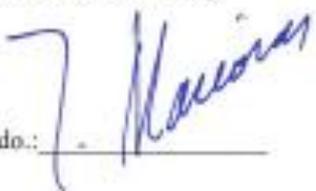
Sugerencias al Investigador

A la vista de la solicitud de informe adjunto por el Investigador y de las recomendaciones anteriormente expuestas el dictamen del Comité es:

Emitir informe favorable	<input checked="" type="checkbox"/>
Emitir informe desfavorable	<input type="checkbox"/>
Emitir informe favorable condicionado a subsanación	<input type="checkbox"/>

MOTIVACIÓN
Puede aportar conocimientos nuevos y valiosos

V.º B.º El Presidente,

Fdo.: 

El Secretario,

Fdo.: 

La presente tesis doctoral corresponde a un proyecto de investigación de mayor calado denominado “Análisis de los efectos del uso de una intervención motivacional en programas de ejercicio físico sobre indicadores de salud, la autonomía funcional, el equilibrio y la calidad de vida en mayores de 65 años”. Este proyecto, presentado a la Convocatoria del Plan Nacional en 2012, no fue concedido y a pesar de ello, se llevó a cabo con financiación propia y con la colaboración del Centro de Alto Rendimiento Infanta Cristina que cedió sus instalaciones y materiales, además que facilitó ayuda en todo momento y gracias a la colaboración de la Concejalía de Deportes del Ayuntamiento de Los Alcázares.