



Máster en Fisioterapia de los procesos de envejecimiento:
estrategias sociosanitarias

**Evaluación del entrenamiento de la musculatura
respiratoria sobre la capacidad de ejercicio en el
anciano con debilidad muscular generalizada**

Estudiante: **Diego Sevilla Martínez**

Directoras: **Dra. Celedonia Igual Camacho y Dra. Maria dels
Àngels Cebrià i Iranzo**

Valencia, julio de 2013



VNIVERSITATIS VALÈNCIA

FACULTAT DE FISIOTERAPIA

Máster en Fisioterapia de los procesos de envejecimiento:
estrategias sociosanitarias

**Evaluación del entrenamiento de la musculatura
respiratoria sobre la capacidad de ejercicio en el
anciano con debilidad muscular generalizada**

Estudiante: **Diego Sevilla Martínez**

Directoras: **Dra. Celedonia Igual Camacho y Dra. Maria dels
Àngels Cebrià i Iranzo**

AGRADECIMIENTOS

A mis dos directoras, la Dra. Celedonia Igual y la Dra. Maria dels Àngels Cebrià por brindarme la oportunidad de iniciarme en la investigación.

A los ancianos que han participado en este estudio, por su colaboración desinteresada, y a las fisioterapeutas de los diferentes centros residenciales, por su interés y disponibilidad.

A Jackeline y a Lorenza, compañeras durante las diferentes fases de este estudio y con las que tan buenos momentos he compartido. A pesar de la distancia, no os olvidaré.

A Constanza, por tu amistad sincera y tu apoyo constante en los buenos y en los malos momentos.

A Pedro, Ximo y el resto del grupo por seguir ahí después de tantos años.

Y muy especialmente a mis padres y a mi hermana.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. INTRODUCCIÓN	9
1.1. CRECIMIENTO DEMOGRÁFICO Y ENVEJECIMIENTO DE LA POBLACIÓN	9
1.1.1. INCREMENTO EN EL NÚMERO DE HABITANTES	9
1.1.2. AUMENTO DE LA POBLACIÓN MAYOR	10
1.1.3. MORBILIDAD Y MORTALIDAD	12
1.2. CAMBIOS ANATOMO-FISIOLÓGICOS ASOCIADOS AL ENVEJECIMIENTO	15
1.2.1. CAMBIOS EN EL SISTEMA RESPIRATORIO	15
1.2.2. CAMBIOS EN LA FUERZA MUSCULAR	16
1.2.3. CAMBIOS EN LA CAPACIDAD DE EJERCICIO	19
1.2.4. ACTUACIÓN PREVENTIVA EN EL ANCIANO CON DEBILIDAD MUSCULAR GENERALIZADA	20
1.3. HIPÓTESIS GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS	21
2. MATERIAL Y MÉTODOS	25
2.1. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	25
2.2. MUESTRA	25
2.3. PLAN DE TRABAJO	27
2.4. EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE MEDIDA	28
2.5. VARIABLES RESULTADO: DEFINICIÓN Y PROCEDIMIENTO DE MEDIDA	35
2.6. PROTOCOLO DE ENTRENAMIENTO DE LA MUSCULATURA RESPIRATORIA	41
2.7. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	42
3. RESULTADOS	47
3.1. DESCRIPTIVOS DE LA MUESTRA	47
3.1.1. CARACTERÍSTICAS BASALES	47
3.1.2. CAPACIDAD DE EJERCICIO	49
3.2. EFECTOS DEL PROTOCOLO DE ENTRENAMIENTO EN LA CAPACIDAD DE EJERCICIO	51
3.2.1. PRUEBA CON MANIVELA ERGOMÉTRICA	51
3.2.2. PRUEBA DE MARCHA DE 10 METROS	55
4. DISCUSIÓN	61
4.1. CONSIDERACIONES GENERALES	61
4.2. CONSIDERACIONES RELATIVAS A LOS RESULTADOS OBTENIDOS	61
4.3. LIMITACIONES DEL ESTUDIO	63
4.4. FORTALEZAS DEL ESTUDIO	63

4.5. FUTUROS ESTUDIOS: TESIS DOCTORAL	64
5. CONCLUSIONES	67
6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	71
7. ANEXOS	81
ANEXO 1. CONSENTIMIENTO INFORMADO GRUPO ENTRENADO	81
ANEXO 2. CONSENTIMIENTO INFORMADO GRUPO CONTROL	83
ANEXO 3. HOJA DE RECOGIDA DE DATOS	85
ANEXO 4. ESCALA BORG CR10	86
ANEXO 5. PROTOCOLO PRUEBA DE ESFUERZO MEDIANTE MANIVELA ERGOMÉTRICA	87
8. SIGLAS Y SÍMBOLOS	91
9. TABLAS Y FIGURAS	95

INTRODUCCIÓN

1. INTRODUCCIÓN

1.1. CRECIMIENTO DEMOGRÁFICO Y ENVEJECIMIENTO DE LA POBLACIÓN

El número de habitantes en el conjunto de los 27 países miembros de la Unión Europea (UE-27) se está incrementando a la vez que su población envejece. Este envejecimiento demográfico probablemente será más significativo en las próximas décadas, ya que el continuo aumento en la esperanza de vida de las personas, acompañado de bajos niveles de natalidad, provocará una inversión de la pirámide poblacional en estos países. El porcentaje de personas ancianas irá en incremento durante los próximos años a medida que los nacidos durante el *baby boom* tras la Segunda Guerra Mundial se acerquen a la jubilación.

1.1.1. INCREMENTO EN EL NÚMERO DE HABITANTES

A comienzos del año 2010, la población de la UE-27 era de 501,1 millones, 1.4 millones de personas más que el año anterior (*Demography report*, 2010). Ahora bien, el crecimiento demográfico no es homogéneo en el conjunto de los países, 8 países han sufrido un retroceso en el número de habitantes en 2009. Fuentes más recientes, datan el número de habitantes de la UE-27 en 503,6 millones (Eurostat, 2012). Las previsiones de la oficina de estadística europea apuntan a un crecimiento poblacional continuo hasta llegar a los 525,7 millones de habitantes en el año 2040, año a partir del cual puede comenzar a descender el número de europeos.

Por lo que respecta a España, la población ha experimentado un incremento continuo desde el año 1981 hasta el año 2012, pasando de 37.636.201 a 46.196.278 de habitantes, según datos del Instituto Nacional de Estadística (INE, 2012). De manera opuesta a la tendencia observada durante las tres últimas décadas, las previsiones del INE hablan de una disminución de 100.000 habitantes en el año 2013, y de un continuo descenso a lo largo de las próximas décadas, pudiendo llegar a disminuir la población española un 10% respecto de la actual en el año 2052 (Figura 1.1).

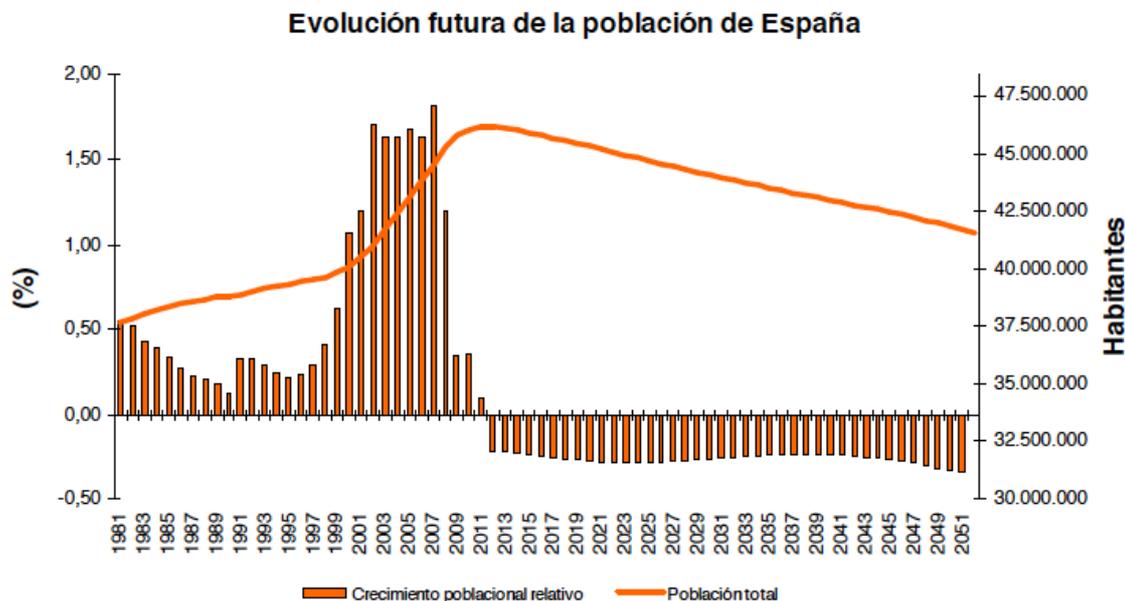


Figura 1.1. Evolución de la población en España (Fuente: INE, 2012).

1.1.2. AUMENTO DE LA POBLACIÓN MAYOR

El envejecimiento de la población en la UE-27 se debe fundamentalmente a dos factores: el aumento de la esperanza de vida y el bajo índice de natalidad mantenidos durante años. La oficina de estadística de la Comisión Europea (*Eurostat*) prevé que esta tendencia continúe las próximas décadas. A 1 de enero de 2010, el porcentaje de personas jóvenes (0-19 años) en la UE-27 es del 21,3%, la población adulta (20-64 años) representa el 61,3% y las personas mayores de 65 años el 17,4%. Esta distribución oscila ligeramente entre los países de la UE-27. Así pues, Alemania es el país con un mayor porcentaje de personas mayores con un 20,7%, seguido de Italia con 20,2%. El país con menos personas mayores de 65 es Irlanda con 11,3%.

Entre 1990-2010, la población europea en edad de trabajar (20-64 años) creció un 1,8%, sin embargo la población de más de 65 años aumentó en 3,7 puntos porcentuales. Además la edad media de los europeos creció desde los 35,2 años hasta los 40,9. Las previsiones de la oficina europea de estadística apuntan un continuo envejecimiento en las próximas décadas. Para el año 2060, la edad media de los habitantes de la UE-27 será de 47,9 años. El porcentaje de personas de más de 65 años llegará al 30%, mientras que el grupo de habitantes en edad de trabajar irá disminuyendo paulatinamente.

En cuanto a España, la situación es similar a la europea. Según el informe *The 2012 Ageing Report: Underlying Assumptions and Projection Methodologies*, elaborado por la Comisión Europea, en nuestro país a fecha de 2010 el porcentaje de habitantes menores de 15 años era del 15% del total, la población en edad de trabajar (16-64 años) representa el 68% y los mayores de 65 el 17%. Dentro de este grupo de mayores de 65 años, los de más de 80 años suman el 5% de la población española total en el año 2010. Las previsiones de este informe para el año 2060 apuntan una reducción del 12,7 % en la población infantil (0-14 años) , así como de la población adulta que puede representar el 55,9% de la población española. El único grupo que verá incrementado su porcentaje será el de mayores de 65 años, que pasará a ser del 31,4%, llegando casi a duplicarse. El grupo de mayores de 80 experimentará un ascenso notable al llegar a constituir el 14,3% del total de la población, lo que supone prácticamente el triple del porcentaje actual. En esta misma línea, las previsiones del INE (2012) también adelantan un envejecimiento marcado de la población tal como muestra la figura 1.2.

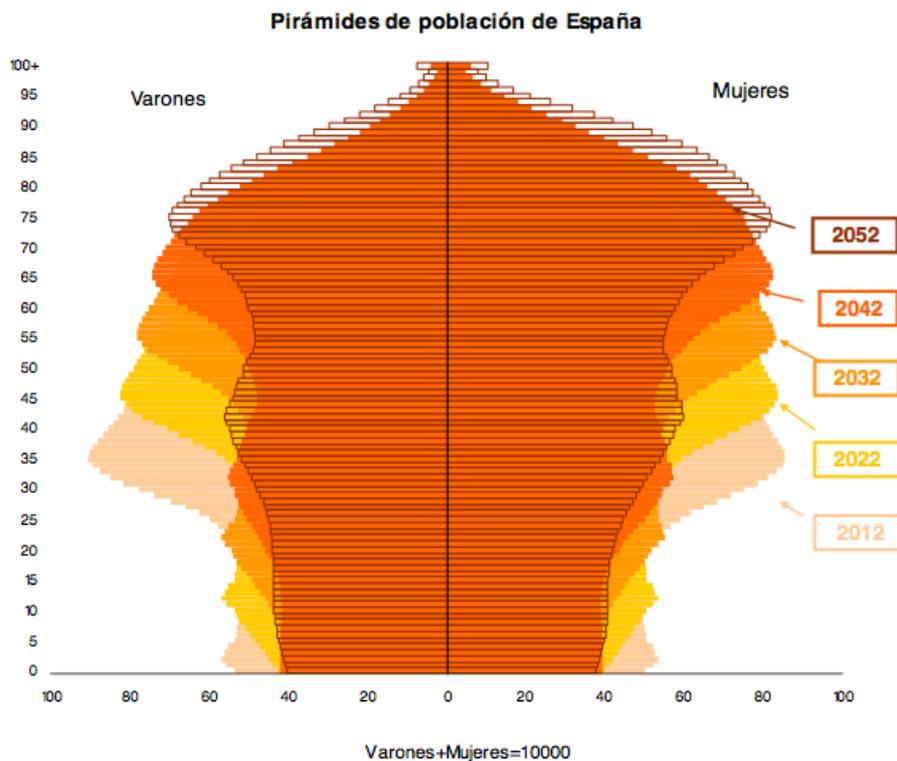


Figura 1.2. Pirámides de población de España (Fuente: INE, 2012).

Como se ha comentado anteriormente, uno de los factores asociados al envejecimiento de la población es el aumento en la esperanza de vida de las personas (promedio de años que se espera que viva un individuo desde el nacimiento hasta su muerte). Este aumento viene produciéndose desde el siglo pasado y se debe fundamentalmente a los avances científicos y sanitarios, así como al desarrollo de políticas sociales. Según datos aportados por el INE (2012), la esperanza de vida (EV) en el momento de nacer para una mujer es de 84,7 años, en el caso de los hombres es de 79,0 años. Respecto a la EV al cumplir los 65 años, para las mujeres es de 22 años y para los hombres de 18. Nuestro país se encuentra por encima de la media de la UE-27, ya que según datos de la Comisión Europea, la EV al nacer para la mujer es de 82,2 años y para hombre de 76,2. Las previsiones apuntan que la EV al nacer de la población española continúe aumentando en las próximas décadas, situándola en el año 2051 en 90,75 años para las mujeres y en 86,88 para los hombres. En cuanto a la EV a los 65 años en las mujeres se sitúa en los 27,28 años y en los hombres en los 24,03. En el caso de la UE-27 los cálculos de *Eurostat* (2011) señalan en 2050 para los hombres la EV al nacer de 82,7 años y en el caso de las mujeres de 87,4. Esto indica para la población española una EV por encima de la media de la UE-27.

1.1.3. MORBILIDAD Y MORTALIDAD

En España en el año 2011 (último año con datos oficiales) se producen 387.911 defunciones, 5.864 más que las registradas en 2010. Con el fallecimiento de 188.057 mujeres (un 2,2% más que el año anterior) y 199.854 hombres (un 0,9% más). La tasa bruta de mortalidad se sitúa en 841 fallecidos por cada 100.000 habitantes. Sin embargo a partir de los 65 la tasa aumenta de manera exponencial, en el grupo de edad 65-69 es de 1051,8 y en el de 85-89 de 10.521,8 fallecidos por cada 100.000 habitantes.

Según datos del INE (2013), las tres principales causas de mortalidad para la población española son: las enfermedades del sistema circulatorio (responsables de 30,5 de cada 100 defunciones), los tumores (28,2 de cada 100) y las enfermedades del sistema respiratorio (10,9 de cada 100) (Figura 1.3). Cabe destacar el aumento de las defunciones debidas al grupo de enfermedades del sistema nervioso, especialmente de la enfermedad de Alzheimer que supone 11.907 fallecimientos del total de 20.254 de este grupo. El número de fallecidos por Alzheimer en 2011 llega a ser más del doble de los que ocurrieron en el año 2000.

Por edad, la principal causa de muerte en los mayores de 79 años, en ese momento, son las enfermedades del sistema circulatorio.

Distribución por capítulos de la Clasificación Internacional de Enfermedades. Año 2011

Capítulos de la CIE-10	Nº de defunciones	%
Total defunciones	387.911	100,0
Enfermedades del sistema circulatorio	118.327	30,5
Tumores	109.341	28,2
Enfermedades del sistema respiratorio	42.243	10,9
Enfermedades del sistema nervioso y de los órganos de los sentidos	20.254	5,2
Enfermedades del sistema digestivo	19.576	5,0
Trastornos mentales y del comportamiento	15.276	3,9
Causas externas de mortalidad	14.233	3,7
Enfermedades endocrinas, nutricionales y metabólicas	12.789	3,3
Enfermedades del sistema genitourinario	11.011	2,8
Síntomas, signos y hallazgos anormales clínicos y de laboratorio	10.612	2,7
Enfermedades infecciosas y parasitarias	6.398	1,6
Enfermedades del sistema osteomuscular y del tejido conjuntivo	3.387	0,9
Enfermedades de la sangre y de los órganos hematopoyéticos y ciertos trastornos que afectan al mecanismo de la inmunidad	1.528	0,4
Enfermedades de la piel y del tejido subcutáneo	1.169	0,3
Malformaciones congénitas, deformidades y anomalías cromosómicas	920	0,2
Afecciones originadas en el periodo perinatal	833	0,2
Embarazo, parto y puerperio	14	0,0

Figura 1.3. Causas de defunción en España en el año 2011 (Fuente: INE, 2013).

Actualmente, los datos relativos a la morbilidad vienen definidos por otras variables tales como la percepción subjetiva del estado de salud y el grado de autonomía personal. Según datos de la Encuesta Nacional de salud en España publicada por el INE (2013), el 75,3% de la población española tiene una percepción buena o muy buena de su estado de salud. Sin embargo, estos datos cambian drásticamente en la población de más de 85 años, ya que aquí únicamente el 30% tiene una percepción positiva de su salud. La población mayor de 16 años que padece alguna enfermedad crónica o de larga duración es del 42%, y en la población de más de 85 años el porcentaje crece hasta el 80%. Los trastornos crónicos más frecuentes son : dolor de espalda lumbar (18,6%),

hipertensión arterial (18,5%), artrosis, artritis o reumatismo (18,3%), colesterol elevado (16,4%) y el dolor cervical crónico (15,9%).

En lo que se refiere a la dependencia funcional, el 53,5% de la población de 65 y más años no tiene ningún tipo de dependencia funcional, ni para el cuidado personal, ni para las tareas domésticas, ni de movilidad. Los hombres tienen un mayor grado de autonomía (61,3%) que las mujeres (47,7%).

El 17,68% de la población española tiene alguna limitación o dificultad a la hora de realizar las actividades básicas de la vida diaria (ABVD), tales como comer, asearse o vestirse. Pero en los habitantes de 85 años o más este porcentaje es más del triple, ya que alcanza el 64,55% (INE, 2013). Según la encuesta de condiciones de vida de los mayores (IMSERSO, 2007) en el grupo de edad de los 65-74 años, el porcentaje de personas con necesidad de ayuda para las ABVD es del 11,8%, entre los 75-84 años es del 31,9% y en los mayores de 85 años llega a ser del 66,7%.

La mayor prevalencia de morbilidad entre la población mayor de 65 conlleva episodios de agudización que hacen frecuentes las hospitalizaciones. Algunos autores señalan que este grupo representa entre el 9 y el 37% del total de pacientes hospitalizados en urgencias (Le Fur-Musquer, 2011). Según la Encuesta Nacional de Salud en España (2013), el 7,9% de la población total ha estado hospitalizado en los 12 meses anteriores, en cambio en los mayores de 85 se eleva a más del 18% de la población. Las personas de edad que se encuentran institucionalizadas sufren incluso más complicaciones, y tal y como demuestran los estudios el tiempo de hospitalización se alarga en las personas mayores (Majeed, 2012; Lim, 2006). Este mayor tiempo de hospitalización puede acarrear consecuencias peligrosas para la salud de los mayores (Graf, 2006), unas consecuencias que pueden ser aún peores si la persona está institucionalizada (Friedman, 2008). Las causas más frecuentes de hospitalización en la persona mayor de 65 años institucionalizada son: los problemas cardiovasculares, los del tracto gastrointestinal, las neumonías y las fracturas de cadera (Barker, 1994).

Estos factores y otros como que el 91% de los ancianos institucionalizados consume medicamentos a diario y el 26% toma más de 5 al día (Marín, 2010) hacen que el cuidado de la salud de las personas mayores se esté convirtiendo en una importante cuestión de salud pública que ahora y en el futuro puede conllevar importantes decisiones políticas y económicas. Es por ello que resulta imprescindible poner en marcha actuaciones encaminadas a la promoción de la salud, prevención de enfermedades y/o de discapacidades en esta población. Programas de diagnóstico

precoz o educación para la salud pueden conseguir que el adulto mayor mantenga durante el mayor tiempo posible altos niveles de autonomía y funcionalidad. De hecho, está demostrando que la causa del aumento del gasto sanitario no es el envejecimiento en sí mismo, sino la pérdida de la independencia funcional, el consumo de medicamentos o las visitas médicas (Lubitz, 2003). Por tanto medidas encaminadas a mejorar la situación actual de los ancianos pueden repercutir de manera positiva en la salud no sólo de los que hoy son mayores sino también de los que lo serán en un futuro. Además, en términos económicos, esa mejora en la salud de las personas puede derivar sin duda en ahorros importantes, un asunto de la máxima relevancia e importancia hoy en día.

1.2. CAMBIOS ANATOMO-FISIOLÓGICOS ASOCIADOS AL ENVEJECIMIENTO

1.2.1. CAMBIOS EN EL SISTEMA RESPIRATORIO

Con el paso de los años, se producen de manera progresiva una serie de cambios irreversibles en la anatomía y también en la función del sistema respiratorio. Muchos de estos cambios no constituyen una patología en sí mismos, sino que forman parte del envejecimiento normal y fisiológico que experimentan todos los sistemas de nuestro organismo. Si bien es cierto que estos cambios no se producen al mismo tiempo ni en el mismo grado en todas las personas, éstos pueden dar lugar a importantes problemas de salud.

En condiciones normales, durante las dos primeras décadas de la vida, se desarrolla en los pulmones un continuo periodo de maduración y crecimiento. El mejor nivel en la función respiratoria se alcanza habitualmente a los 20 años en las mujeres y a los 25 en los hombres. A pesar que con el paso de los años se produce un deterioro en la función pulmonar, en ausencia de enfermedad, éste no supone un impedimento para mantener un adecuado intercambio de gases durante toda la vida de la persona (Krumpe, 1985).

Los principales cambios anatómicos que se producen en el sistema respiratorio asociados al envejecimiento son:

1. Disminución en la fuerza de la musculatura respiratoria (MR). Esta se debe principalmente a cambios tales como el aumento de la capacidad residual funcional, la disminución de la distensibilidad de la caja torácica y los cambios geométricos en la caja torácica (Janssens, 1999). Por otra parte, la fuerza de la MR está relacionada con el estado nutricional del sujeto, que tiende a verse alterado en un porcentaje elevado de

ancianos. Se ha demostrado que existe una relación directa entre las presiones respiratorias máximas (como variables relativas a la fuerza de la MR) y el peso magro del sujeto (Enright, 1994).

2. Disminución en la distensibilidad de la caja torácica. Se produce debido a calcificaciones y otros cambios producidos entre la caja torácica y sus articulaciones (por ejemplo: calcificaciones del cartílago costal). También se producen cambios en la apariencia del tórax a causa de las fracturas vertebrales, como consecuencia de la osteoporosis, que conducirán a un incremento de la cifosis dorsal y del diámetro anteroposterior del tórax (Janssens, 1999).

3. Disminución en el retroceso elástico pulmonar, esto es la capacidad que presenta el pulmón de recuperar su forma original tras ser sometido a algún tipo de deformación. Esta disminución se estima que es de 0.1-0.2 cmH₂O por año (Turner, 1968) y se debe fundamentalmente a cambios en el parénquima pulmonar.

A estos cambios en la anatomía se unen otros relacionados con la fisiología respiratoria:

1. Aumento del volumen residual (aproximadamente el 50% entre los 20 y los 50 años) debido al aumento de la rigidez de la caja torácica y el incremento de la distensibilidad del pulmón. Durante el mismo periodo de tiempo la capacidad vital se ve disminuida en un 75% (Janssens, 1999).

2. Descenso en el volumen de aire espirado durante el primer segundo (VEMS) y en la capacidad vital forzada (CVF). Este descenso es mayor en hombres que en mujeres. Se produce una pérdida anual de 25-30ml/año a partir de los 35-40 años y puede aumentar hasta los 60 ml/año después de cumplir los 70 (Janssens, 1999; Sharma y Goodwin, 2006).

3. Disminución en la respuesta ventilatoria ante los cambios producidos en los niveles de oxígeno (hipoxia) y dióxido de carbono (hipercapnia). Esta disminución puede llegar a ser incluso del 50% en los ancianos (Peterson, 1981; Sharma y Goodwin, 2006).

4. Disminución del volumen tidal (VT) y aumento de la frecuencia respiratoria, esto es se mantiene la ventilación minuto en reposo, pero invirtiendo los factores con respecto a la población joven (Krumpe, 1985).

1.2.2. CAMBIOS EN LA FUERZA MUSCULAR

La sarcopenia se define como la pérdida de masa y función de la musculatura esquelética asociada al envejecimiento (Fielding et al, 2011). Es un síndrome complejo

que se debe a la pérdida de masa muscular y/o al aumento del peso graso. La prevalencia de la sarcopenia tiene cierta variabilidad según estudios y el modo de medición empleado. Algunos autores afirman que a partir de los 80 años afecta a más del 50% de la población (Baumgartner, 1998) mientras para otros sólo alcanza al 30% (Morley, 2001). Las causas de este trastorno dependen de diversos factores, pudiendo incluirse: el desuso, la función endocrina alterada, las enfermedades crónicas, la inflamación, el aumento de la resistencia a la insulina y las deficiencias nutricionales (Fielding et al, 2011; Evans, 1995). La sarcopenia tiene importantes consecuencias en el desarrollo de la fragilidad, la discapacidad y en los cuidados a la persona afectada (Janssen, 2002).

Entre los 20 y los 80 años, se produce una reducción de la masa muscular de aproximadamente el 30% y un declive en el área de sección del músculo del 20% (Frontera, 2000). Esta reducción se produce tanto en el número de fibras como en el tamaño de las mismas (Lexell, 1983). No hay consenso respecto a si la pérdida muscular se produce en un tipo de fibras específicamente. No obstante, en las personas de edad avanzada existe un mayor porcentaje de fibras tipo I que tipo II y algunos estudios sugieren que sí se produce una mayor pérdida de fibras de este último tipo, la cual podría comenzar al inicio de la etapa adulta (Larsson, 1978; Larsson, 1983). Esto probablemente sea debido a que los sujetos realizan menor número de actividades de alta intensidad, que son las que reclutan las fibras tipo II, mientras que las tipo I se utilizan en la mayoría de AVD.

Este mayor descenso en fibras musculares de tipo II también es relevante en otro de los cambios musculares asociados al envejecimiento: la pérdida de la potencia muscular. La potencia muscular se define como el producto de la fuerza muscular y la velocidad de contracción (Caserotti, 2008). Algunos autores afirman que la potencia muscular que es capaz de generar una persona mayor es un mejor predictor a la hora de valorar el riesgo de caídas o su función motora que la fuerza muscular máxima (de Vos et al, 2005).

Respecto a la estructura del músculo, se observa un descenso en el área no contráctil juntamente con un menor entrecruzamiento entre las fibras musculares. Por tanto, la fuerza intrínseca de la fibra muscular se ve reducida (Fielding et al, 2011). Por otra parte, estudios realizados con ultrasonidos han demostrado la importancia que tienen los cambios en los tendones en la pérdida de fuerza muscular durante la vejez (Reeves, 2006). Con el paso de los años se produce una disminución en la dureza del tendón, la cual, sumada al acortamiento de los fascículos musculares resulta en menores ángulos

de penación y un descenso en la fuerza (Kubo, 2003). Como norma general, el envejecimiento se asocia con un mayor descenso de fuerza en los miembros inferiores que en los superiores y afecta más a la musculatura extensora que a la flexora (Newman, 2005).

Respecto al entrenamiento de la musculatura esquelética, existen dos tipos principales utilizados con el objetivo de aumentar la fuerza muscular: el entrenamiento aeróbico global y el entrenamiento específico de la fuerza. El entrenamiento aeróbico consiste en contracciones musculares de baja intensidad con patrones de activación muscular de baja intensidad también. Habitualmente, este tipo de entrenamiento tiene una duración superior a los 20 minutos. Por contra, el entrenamiento específico de la fuerza se basa en contracciones musculares de alta intensidad asociadas a patrones de activación de las fibras musculares de elevada intensidad, pero realizadas de manera intermitente. Este entrenamiento no suele durar más de 2-4 minutos por grupo muscular (Aagaard, 2010).

Pese a que el entrenamiento de la fuerza muscular es un método ampliamente utilizado en personas jóvenes, este tipo de trabajo no suele prescribirse en los adultos mayores. Esto ocurre porque existe la creencia de que son personas frágiles que serán incapaces de realizar los ejercicios o que les producirá lesiones musculares, articulares, etc. No obstante, diversos estudios han demostrado la utilidad y los beneficios de este entrenamiento en esta población. Autores como De Vos (2005) afirman que el trabajo con cargas aumenta de manera significativa la fuerza y la potencia muscular en personas de más de 60 años. Otros incluso han hallado estos mismos beneficios en personas de incluso 80 años (Caserotti, 2008). Respecto al tipo de entrenamiento, se han encontrado mayores ganancias en la fuerza muscular y en la resistencia al trabajar con cargas elevadas (80% 1RM) que utilizando cargas moderadas (50% 1 RM) (de Vos et al, 2005). A esta ganancia en la fuerza, le acompaña también cambios en la estructura y el tamaño del músculo. El entrenamiento con cargas altas (>70% 1 RM) durante al menos 10 semanas, aumenta el área de sección del músculo hasta un 12% (Reeves 2004; Ferri, 2003).

Otro aspecto que también se ve beneficiado es la función neuromuscular. En las personas de edad que se someten a un programa de entrenamiento muscular, se aprecia un aumento en la magnitud de la respuesta neuromuscular eferente (Aagard, 2010).

Los resultados de este trabajo pueden observarse además en el día a día de la persona, ya que también se van a producir mejoras en el desarrollo de las AVD, especialmente en

el caso de los ancianos frágiles y las personas de edad muy avanzada (Suetta, 2004; Mayer, 2011).

1.2.3. CAMBIOS EN LA CAPACIDAD DE EJERCICIO

La medida más empleada actualmente para valorar la capacidad aeróbica de una persona es el consumo máximo de oxígeno (VO_{2MAX}). Éste puede definirse como la cantidad de oxígeno que consume o utiliza el organismo. Esta medición permite cuantificar el metabolismo energético, ya que el oxígeno se emplea en las reacciones que tienen lugar a nivel celular y que permiten la transformación de la energía química en energía mecánica. (López Chicharro, 1998). El VO_{2MAX} habitualmente se mide a través de una prueba de esfuerzo en un tapiz rodante (*treadmill*) o una manivela ergométrica. Los estudios muestran que a medida que se envejece se produce un descenso en la capacidad aeróbica de aproximadamente 8-10% por cada década (Fleg, 1988). No obstante, recientes investigaciones afirman que a partir de los 70, esta pérdida puede llegar a ser de más del 20% por década en sujetos sanos (Fleg, 2005).

En los últimos años varias investigaciones han demostrado que el ejercicio físico en las personas mayores produce mejoras significativas en el VO_{2MAX} y aporta otros beneficios adicionales, tales como mejora en la presión sanguínea, el perfil lipídico, la tolerancia a la glucosa, la densidad de masa ósea, la depresión y la calidad de vida del sujeto (Fleg, 2012). Según un meta-análisis que recoge 41 estudios, la instauración de un plan de entrenamiento aeróbico en personas mayores de 60 años sedentarias, produce una mejora en el VO_{2MAX} del 16% (Huang, 2005). Las características del entrenamiento supone como promedio: 3 días de entrenamiento, 38,1 minutos por sesión, intensidad entre 60-85% de la FC_{MAX} o 50-82% del VO_{2MAX} . La mayoría de estudios incluyen caminar como método de ejercicio. También se han demostrado buenos resultados en las personas mayores de 80 años. Vaitkevicius et al (2002) encuentran mejoras en la presión sistólica basal y en el VO_{2MAX} medido a través de un *treadmill* en esta población tras un programa de entrenamiento de 6 meses, 2-3 sesiones por semana con una intensidad moderada. Incluso pueden beneficiarse los pacientes cardiopatas, un entrenamiento de 3 meses mediante un *treadmill* mejora la capacidad de trabajo en un 47% en pacientes mayores de 65 años con episodio de infarto 60 días antes (Ades, 1995).

1.2.4 ACTUACIÓN PREVENTIVA EN EL ANCIANO CON DEBILIDAD MUSCULAR GENERALIZADA

Como se ha comentado anteriormente, la población mayor comienza a representar un porcentaje importante de la población y esta tendencia no hará sino acentuarse en las próximas décadas. Es importante destacar que se prevé un incremento de los mayores de 80 años de más del 15% de la población total española en menos de 50 años (INE, 2012). Estas personas, debido a su estado de salud, suelen requerir cuidados profesionales continuos y de larga duración, lo que lleva a que en muchas ocasiones acaben siendo institucionalizados. De hecho, el perfil más común en una residencia para personas mayores dependientes es una mujer con una media de edad que supera los 85 años (Fuente de la Sanz et al., 2012).

Otra característica importante de este grupo de personas, es que la mayoría de ellos tienen dificultades para mantener su autonomía y necesitan apoyo para realizar gran parte de las ABVD. Dos tercios de los mayores de 80 son dependientes a la hora de realizar estas actividades (IMSERSO, 2007). Una de las causas de esta dependencia es la debilidad muscular generalizada que presentan las personas de edad. La sarcopenia tiene una alta prevalencia entre ellos y es un factor importante en la pérdida de la independencia funcional (Tanimoto et al., 2013). A esto se añade su baja capacidad de ejercicio, la cual tiene también una notable importancia en el mantenimiento de la independencia y la realización de las ABVD en las personas mayores (Fleg, 2005).

La debilidad muscular que presentan estas personas, afecta de igual manera a la musculatura respiratoria. Según Simões (2009) las personas de edad avanzada institucionalizadas de entre 60 y 89 años, muestran unos valores de fuerza en su musculatura respiratoria (P_{Imax} y P_{E_{max}}) que son significativamente menores a los predichos para una persona de su edad. Además existe una fuerte correlación entre los datos antropométricos (talla y peso) y la fuerza muscular respiratoria. Esta pérdida de fuerza en los músculos respiratorios puede favorecer sin duda la aparición de futuras complicaciones respiratorias que inciden de manera importante en la vida de estas personas.

Simões vincula directamente la debilidad muscular con el bajo nivel de actividad física que suelen tener las personas de esta edad. Por estos motivos, se hace imprescindible la puesta en marcha de actuaciones encaminadas a intentar retrasar lo máximo posible la aparición de estos cambios. Autores como Watsford y Murphy (2005), han demostrado los beneficios del ejercicio aeróbico para la mejora o el mantenimiento de la función

respiratoria en esta población. No obstante, un buen número de ancianos, debido a su limitación funcional (presencia de comorbilidad, debilidad muscular generalizada,...) son incapaces de llevar a cabo este tipo de ejercicio. Es por ello que se plantean alternativas que puedan beneficiarles, como el entrenamiento específico de la musculatura respiratoria. Un estudio posterior de Watsford y Murphy (2008) demuestra que este entrenamiento produce una mejora en la fuerza y resistencia de la musculatura respiratoria y además mejora la capacidad de ejercicio del sujeto.

1.3. HIPÓTESIS GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS

En la presente Tesis de máster nos hemos planteado la siguiente hipótesis de trabajo:
El entrenamiento específico de la musculatura respiratoria podría aumentar la capacidad de ejercicio en el anciano con debilidad muscular generalizada.

Esta hipótesis se plantea como objetivo general del trabajo:

Evaluar si un protocolo de entrenamiento específico de la musculatura respiratoria aumenta la capacidad de ejercicio en el anciano con debilidad muscular generalizada

Y se concreta en los siguientes objetivos específicos:

1. Evaluar si un protocolo de entrenamiento específico de la musculatura respiratoria mejora la frecuencia cardíaca submáxima (FC_{submax} , lpm) en la prueba de esfuerzo en el anciano con debilidad muscular generalizada.
2. Evaluar si un protocolo de entrenamiento específico de la musculatura respiratoria aumenta el tiempo mantenido (s) en la prueba de esfuerzo en el anciano con debilidad muscular generalizada.
3. Evaluar si un protocolo de entrenamiento específico de la musculatura respiratoria mejora la velocidad de marcha (V_{marcha} , m/s) en el anciano con debilidad muscular generalizada.
4. Evaluar si un protocolo de entrenamiento específico de la musculatura respiratoria mejora la disnea (Borg CR10) en el anciano con debilidad muscular generalizada.

MATERIAL Y MÉTODOS

2. MATERIAL Y MÉTODOS

2.1. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

El presente estudio se inscribe en un proyecto de investigación financiado por la Universitat de València y que ha sido aprobado por el Comité Ético de Investigación en Humanos de la *Universitat de València*. Se trata de un ensayo clínico controlado aleatorizado, y por tanto corresponde a un diseño de investigación experimental.

De acuerdo con los principios fundamentales establecidos en la Declaración de Helsinki (1964), se elaboró y pasó un consentimiento informado (Anexos 1 y 2) a todos los candidatos, previamente a su participación en el estudio.

2.2. MUESTRA

La muestra objeto de estudio está formada por 37 personas mayores de 65 años (edad media 82 ± 8 años) procedentes de 5 centros residenciales del área metropolitana de Valencia (España). Todos los centros presentaron la misma normativa para la institucionalización de los ancianos, así como el programa de cuidados y la disponibilidad de personal sanitario.

Los criterios de inclusión que debían reunir los participantes en el estudio fueron:

- a) Incapacidad para deambular de forma autónoma distancias > 50 metros.

MINI-EXAMEN COGNOSCITIVO (MEC) CON UNA PUNTUACIÓN IGUAL O MAYOR A 20 PUNTOS EN UNA ESCALA DE 35.

Los criterios que excluyeron a los posibles candidatos de su participación en la intervención fueron los siguientes:

- a) Presencia de problemas pulmonares y/o cardíacos crónicos significativos.
- b) Antecedentes de episodio agudo cardíaco o respiratorio en los 2 últimos meses.
- c) Síndrome clínico o enfermedad que pueda interferir en la realización de alguna de las pruebas o el entrenamiento.
- d) Fumadores activos y exfumadores < 5 años.
- e) Enfermedad terminal.

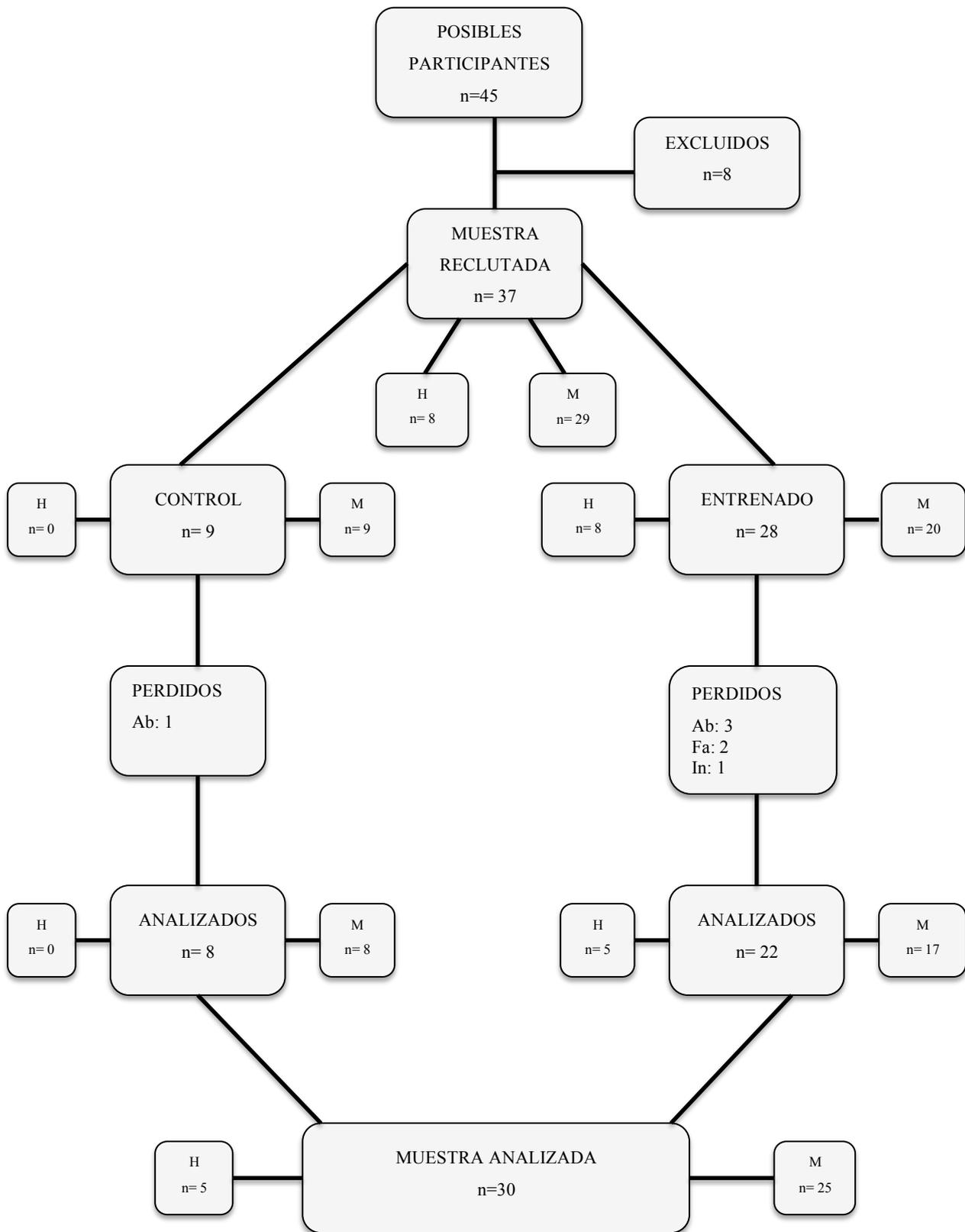


Figura 2.1. Reclutamiento, asignación y seguimiento de la muestra analizada.

Abreviaturas: n= tamaño muestral; H= hombres; M= mujeres; Ab= abandonos; Fa= fallecimientos

2.3. PLAN DE TRABAJO

El estudio se llevó a cabo entre los meses de diciembre de 2012 y junio de 2013. Para cumplir con los objetivos planteados, se realizó el siguiente plan de trabajo:

- **Reclutamiento de la muestra.** El reclutamiento de la muestra se realizó en los meses de diciembre de 2012 y enero de 2013. Se contactó con los cinco centros residenciales del área metropolitana de Valencia para seleccionar a los posibles candidatos, en colaboración con el equipo sanitario de los centros. Una vez comprobado que las personas candidatas cumplían los criterios de inclusión se obtuvo el consentimiento informado de cada una de ellas.
- **Asignación aleatoria de la muestra.** A través del programa estadístico SPSS, se realizó la asignación aleatoria de los participantes al grupo control (GC) o al grupo entrenado (GE). Las personas que formaron parte del GE se sometieron a las 4 valoraciones programadas y realizaron el entrenamiento durante 8 semanas. Los integrantes del GC, únicamente participaron en las 4 valoraciones.
- **Valoración basal.** La valoración basal tuvo lugar en la semana 0 de la intervención, antes de que los integrantes el grupo entrenado comenzaran las dos semanas de familiarización con el dispositivo de carga umbral (*Threshold@IMT*). Las pruebas se realizaron en dos días consecutivos para evitar que la fatiga pueda interferir en las mediciones:

El primer día se realizaron:

- a. Control la tensión arterial y la pulsioximetría basal.
- b. Medición de las presiones respiratorias estáticas máximas (P_{Imax} y P_{E_{max}}).
- c. Realización de la exploración funcional respiratoria consistente en una espirometría forzada o curva flujo/volumen y la ventilación máxima voluntaria.
- d. Medición de la fuerza prensil del sujeto (*handgrip*).
- e. Realización de la prueba de marcha de 10 metros.

El segundo día se realizaron las dos últimas pruebas:

- f. Prueba de esfuerzo a través de la manivela ergométrica.
- g. Medición de la fuerza muscular periférica de miembros superiores e inferiores.

- **Familiarización mediante el dispositivo de carga umbral (*Threshold® IMT*).** Esta fase duró dos semanas consecutivas, a 3 sesiones supervisadas por cada semana.
- **Valoración previa al entrenamiento.** Se realizó al concluir las dos semanas de familiarización y antes de comenzar el protocolo de 8 semanas de entrenamiento. Las pruebas eran las mismas que las realizadas en la valoración basal siguiendo el mismo orden.
- **Desarrollo del programa de entrenamiento.** El programa de entrenamiento tuvo una duración total de 8 semanas.
- **Valoración intermedia.** Se llevó a cabo a mitad del protocolo de entrenamiento (4ª semana) y se limitó a la exploración funcional respiratoria (curva flujo /volumen y ventilación máxima voluntaria) y a medición de las presiones respiratorias estáticas máximas, con el objetivo de reajustar la carga de trabajo en los participantes del GE mediante el dispositivo *Threshold® IMT*. También se controló la presión arterial y la pulsioximetría basal, previamente a las mediciones.
- **Valoración posterior al entrenamiento.** Se realizó una vez concluido el protocolo de entrenamiento (9ª semana) y las mediciones fueron las mismas que en la valoración basal y la valoración previa al entrenamiento, también con el mismo orden.
- **Análisis de los datos e interpretación de los resultados.**

2.4. EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE MEDIDA

Los equipos e instrumentos empleados para la medición y el entrenamiento fueron:

- **Escala Borg CR10**

Es un instrumento diseñado por Gunnar Borg se emplea para medir sensaciones o percepciones experimentadas por la persona (Borg, 1982). De forma general, se utiliza para medir la intensidad del dolor torácico (angina de pecho), disnea, fatiga sentida tras realizar pruebas de esfuerzo, entrenamiento, etc.

La escala se valora del 0-10, siendo 0 la situación en la que no siente ningún tipo de esfuerzo y 10 el máximo esfuerzo nunca percibido. Además al valor numérico se le asocia una expresión verbal para hacer más comprensible la escala (Borg, 2004). Anexo 3.

- **Manivela ergométrica**

Para la prueba de esfuerzo se utilizó la manivela ergométrica *Monark® Rehab Trainer 881E* (Varbeg, Sweden). Este equipo permite trabajar tanto con miembros superiores como con inferiores ya que incorpora pedales y manivelas desmontables. Permite modificar el ángulo en el que se trabaja y la longitud del brazo de palanca. Incorpora una pantalla digital que presenta datos sobre el tiempo total, la velocidad a la que se está trabajando y la carga de trabajo cuando se realiza el ejercicio a 50 rpm. Tiene además la posibilidad de calibrarse. Figura 2.1.



Figura 2.2. Manivela ergométrica Monark®

- **Pulsioxímetro**

El *Nellcor Oximax N-65®* (Pleasanton, CA, USA) es un pulsioxímetro portátil empleado para medir la saturación oxihemoglobínica que existe en la sangre arterial (SaO_2 , %) y que también permite conocer la frecuencia cardiaca de la persona (latidos por minuto). Figura 2.2.

El equipo dispone de una pinza adaptable a cualquier dedo de la mano. Previamente a colocarlo se retiraba cualquier laca de uñas que llevase la persona mediante acetona para evitar lecturas y datos erróneos.



Figura 2.3. Pulsioxímetro Nellcor

- **Medidor de presiones respiratorias máximas**

El equipo *MicroRPM®* (Carefusion, Germany) es un aparato que permite realizar una medición de las presiones respiratorias estáticas máximas (P_Imax y P_Emax). Figura 2.3. Contiene una válvula para realizar la medición de la P_Emax y otra para la P_Imax con un pequeño orificio que permite la salida de aire con el objetivo de evitar el cierre de la glotis. A esta válvula se le acopla un filtro antibacterias y por último se coloca la boquilla a través de la que el participante toma y expulsa el aire durante la realización de las pruebas.



Figura 2.4. Medidor de presiones respiratorias máximas MicroRPM®

- **Espirómetro**

Para la realización de la exploración funcional respiratoria se utilizó un espirómetro portátil de tipo neumotacógrafo, con estación meteorológica integrada, Jaeger (*Flow Screen*; VIASYS® Healthcare GmbH, Hoechberg, Alemania).Figura 2.4.



Figura 2.5. Espirómetro portátil, VIASYS®

La espirometría es una prueba ampliamente utilizada para evaluar la función respiratoria que permite comprobar cómo un individuo inspira o expira volúmenes de aire en función del tiempo (ATS/ERS *Standardisation of spirometry*, 2005).

El espirómetro empleado en este trabajo, permite realizar tres pruebas: la espirometría de reposo o curva flujo/tiempo, la espirometría forzada o curva flujo/volumen y la ventilación máxima voluntaria.

- **Medidor de fuerza de prensión manual (*handgrip*)**

Para realizar la prueba de la fuerza de la prensión manual, se empleó el aparato Jamar® plus+ *hand dynamometer* (Patterson Medical®, Sammons Preston®, Bolingbrook IL, USA). Este equipo dispone de una pantalla digital que presenta los resultados de la prueba. Cuenta con diversas funciones, además de la básica de medir el máximo de fuerza en la prensión manual, es capaz de calcular la media de varios intentos y tiene memoria para registrar varios intentos. Permite realizar la medida en dos unidades diferentes: kilogramos y libras. Figura 2.5.



Figura 2.6. Medidor de fuerza de prensión manual Jamar®

- **Dinamómetro para medición de la fuerza periférica**

El equipo empleado para la medición de la fuerza de la musculatura periférica fue el *MicroFet 2®*, (Hoggan Health industries, West west Jordan, UT, USA). Este dispositivo permite medir la fuerza generada por un músculo determinado. Cuenta con una pantalla digital que muestra la fuerza generada y el tiempo total de la contracción muscular. Permite ajustar el umbral de sensibilidad a partir del cual comienza a medir dependiendo del músculo que va a evaluarse y de las características de la persona a evaluar. La unidad en la cual realiza la medición son libras. Figura 2.6.



Figura 2.7. Dinamómetro para medición de la fuerza periférica MicroFet 2®.

- **Threshold® IMT**

Threshold® Inspiratory Muscle Trainer (Respironics HealthScan Inc. Cedar Grove®, NJ, USA). Este dispositivo diseñado por Nickerson y Keens (1982). Figura 2.7. Permite trabajar la musculatura inspiratoria contra una resistencia que puede ajustarse. Ha sido empleado en diversos tipos de pacientes, siendo de gran importancia en los respiratorios (Gosselink, 1996; Hill, 2006). La carga aplicable va desde los 7 hasta los 41 cm H₂O. Está formado por un cilindro de plástico transparente al final del cual presenta una válvula a la que se aplica tensión a través de una espiral metálica.



Figura 2.8. Threshold Inspiratory Muscle Trainer (IMT)

La válvula impide el flujo de aire hasta que la persona genera una presión inspiratoria superior a la que ejerce la espiral metálica. Este dispositivo es independiente del patrón respiratorio, además facilita que se acorte el tiempo dedicado a la inspiración y alarga la espiración. Esto permite aumentar la relajación de la musculatura inspiratoria y de esa manera prevenir la fatiga (Gosselink, 2004).

- **Pulsómetro**

Para monitorizar la frecuencia cardiaca durante la prueba de esfuerzo se empleó el pulsómetro *Polar® FT7* (Polar Electro Oy, Professorintie 5, FI-90440 Kempele, Finland). Consta de un reloj y una cinta elástica a la que se le acopla un transmisor. La cinta se humedece y se coloca en contacto con la piel a la altura de la apófisis xifoides del esternón. Ello permite monitorizar de manera inalámbrica la frecuencia cardiaca de la persona. Además de ofrecer un registro continuo de la frecuencia cardiaca, el aparato también ofrece datos sobre tiempo total de trabajo, calorías consumidas y tiene la opción de transferir la información a un ordenador a través de un cable.



Figura 2.9. Pulsómetro Polar® FT7

2.5. VARIABLES RESULTADO: DEFINICIÓN Y PROCEDIMIENTO DE MEDIDA

Las variables principales del estudio son aquellas relacionadas con la capacidad de esfuerzo y de ejercicio. Como variables secundarias se han considerado todas aquellas que han permitido la descripción de la muestra: valores espirométricos y debilidad muscular generalizada.

VARIABLES PRINCIPALES

I. Frecuencia cardiaca submáxima (FCsubmax)

La frecuencia cardiaca máxima (FCmax) se define como la frecuencia cardiaca más alta que una persona puede alcanzar realizando un ejercicio hasta el agotamiento. Se verifica que se ha alcanzado este punto cuando aparece una meseta en la frecuencia cardiaca aunque continúe aumentándose la intensidad del ejercicio (Nes, 2012). La FCmax depende fundamentalmente de la edad y suele relacionarse con la fórmula de Astrand: Frecuencia cardiaca máxima = $220 - \text{edad en años}$ (López Chicharro, 1998).

La FCsubmax representa un porcentaje de la FCmax. En este caso, la intensidad del ejercicio no llega a producir una meseta en la frecuencia cardiaca de la persona.

Para la determinación de esta variable, se realizó una prueba de esfuerzo a través de una manivela ergométrica. La medición de la capacidad aeróbica máxima del sujeto a través de una manivela ergométrica es una prueba ampliamente utilizada en sujetos con imposibilidad o dificultad para realizar una prueba de esfuerzo en un *treadmill*, ya sean pacientes con lesiones medulares (Verges, 2009) o personas ancianas con limitación de la movilidad en miembros inferiores (Grange, 2004; Maire, 2004).

Para realizar la prueba, se utilizó la manivela ergométrica *Monark® rehab trainer 881E*. Se situó al sujeto en una silla que permitía alinear sus articulaciones glenohomerales con la manivela del cicloergómetro para de esa manera poder realizar el movimiento con comodidad. Antes de comenzar se preguntaba a la persona por su percepción subjetiva de esfuerzo (Escala Borg CR10) y se medía la pulsioximetría basal y la frecuencia cardiaca. El protocolo empleado es una modificación del diseñado por Franklin en 1985 (Anexo 4):

- Se comenzaba con 3 minutos de calentamiento sin aplicar ninguna resistencia a la manivela.

- Tras finalizar el calentamiento se incrementaba la resistencia en 5W.
- A medida que continuaba la prueba la potencia iba aumentándose 5W cada 2 minutos hasta concluir.

Se animaba al participante a trabajar de manera constante a una velocidad de entre 50-70 RPM. La frecuencia cardiaca se monitorizaba constantemente mediante un pulsómetro *Polar® FT7*. El participante debía trabajar con la manivela sin detenerse hasta finalizar la prueba. A continuación se citan los 3 criterios para finalizar la prueba de esfuerzo:

- a) Imposibilidad del sujeto para mantener una velocidad de 50RPM.
- b) El participante alcanza el 80% de su frecuencia cardiaca máxima (calculada mediante la fórmula 220-edad del sujeto).
- c) Incapacidad manifiesta para continuar con la prueba.

Al finalizar la prueba se volvía a preguntar a la persona por su percepción subjetiva de esfuerzo y se medía la pulsioximetría y frecuencia cardiaca.

II. Velocidad de marcha (Vmarcha)

Se corresponde con la distancia en metros que una persona es capaz de recorrer en un tiempo dado (1 segundo). Esta variable ha demostrado ser una herramienta válida para detectar mejoras en el rendimiento de la marcha (Flansbjer, 2010; Tyson, 2008), también se ha empleado para detectar las posibilidades de recuperación de pacientes que sufrieron un ictus previo (Tilson, 2010). Para determinar la velocidad de marcha de los participantes, se recurrió a la prueba de 10 metros marcha (Tilson, 2010). Los resultados obtenidos aquí son extrapolables a los conseguidos en la prueba de 6 minutos marcha (Van Hedel, 2007).

Para la realización de la prueba de marcha se requería un espacio de al menos 14 metros de longitud. Se marcaban las distancias 0m, 2m, 12m y 14m (Figura 2.1). Con el participante sentado, se medía la saturación de oxígeno basal y la frecuencia cardiaca, también se preguntaba por la percepción de esfuerzo subjetiva en el momento (Escala Borg CR10). Para la prueba, se le pedía al participante que recorriera los 14 metros a un ritmo cómodo pero sin detenerse en ningún momento hasta llegar a la silla colocada al final del recorrido y sentarse. Se medía únicamente el tiempo en recorrer los 10 metros centrales, dejando los 2 primeros y los 2 últimos para acelerar y decelerar. Una vez llegado a la otra silla se medía inmediatamente la saturación de oxígeno y frecuencia

cardiaca, además de volver a preguntar por la percepción de esfuerzo. Se dejaba reposar al participante 1 minuto y se volvía a repetir el protocolo realizando el recorrido a la inversa hasta volver al punto de partida.

Si el participante utilizaba algún tipo de ayuda técnica para caminar habitualmente, empleaba la misma para realizar la prueba de marcha.

Para los resultados se seleccionó el intento más rápido de los 2 efectuados.

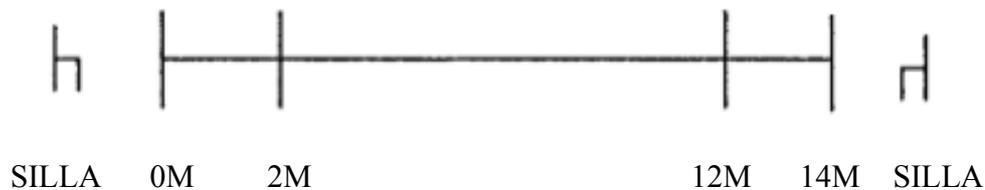


Figura 2.10. Prueba de 10 metros marcha (Tilson, 2010).

VARIABLES SECUNDARIAS

Las variables secundarias, descritas a continuación, se utilizaron únicamente para caracterizar la muestra.

- **Fuerza de presión manual.** El valor obtenido al medir la fuerza de presión manual es una medida válida y fiable del pico de fuerza que puede alcanzar una persona (Harkonen, 1993). Además ha demostrado que puede ser extrapolable para conocer otras características de la persona, como su estado nutricional (Budziareck, 2008), el riesgo de convertirse en un anciano dependiente (Rantanen, 2002) y también es un buen predictor para todas las causas de mortalidad en personas de edad media y ancianos (Sasaki, 2007).

Para la medición de la fuerza de presión manual (*handgrip*) se utilizó el equipo Jamar® plus+ hand dynamometer. Se situaba al participante en sedestación con ambas piernas apoyadas en el suelo y la espalda recta. El brazo a evaluar se colocaba en flexión de codo de 90°, en posición de pronosupinación neutra y pegado al cuerpo. Se indicaba al participante que debía realizar una contracción isométrica aumentando la fuerza progresivamente hasta llegar al máximo. Se realizaba la prueba 3 veces en cada miembro con un descanso de al menos 1 minuto. Para los resultados se seleccionó el mayor valor de los 3 extraídos. Los valores de referencia de fuerza de presión manual según edad y sexo, se muestran en la tabla 2.1.

Tabla 2.1	Valores de referencia de <i>handgrip</i> en personas de más de 60 años.				
	Referencia	Intervalo de edad	Género	Valor <i>handgrip</i> brazo dominante	Valor <i>handgrip</i> brazo no dominante
Heredia, 2004 (población sana)	60-69	Hombre	37,6	34,5	
		Mujer	21,1	18,6	
	70-79	Hombre	31,0	28,2	
		Mujer	18,4	16,9	
	80-84	Hombre	25,6	24,2	
		Mujer	17,4	15,7	
	>85	Hombre	23,4	21,3	
		Mujer	15,0	12,8	
	Yoshimura, 2011 (población sana)	60-69	Hombre	41,4	36,9
			Mujer	26,6	23,77
70-79		Hombre	35,4	31,5	
		Mujer	22,6	19,7	
>80		Hombre	29,7	26,3	
		Mujer	19,4	16,6	

- **Fuerza de la musculatura periférica.** Como se comentó anteriormente, el envejecimiento lleva asociado un descenso inevitable en la fuerza muscular que puede ser del 30-50% entre los 40 y los 80 años de edad (Faulkner, 2007). Este descenso en la fuerza puede tener consecuencias importantes en la vida de la persona anciana, tales como el aumento en el riesgo de caídas (Smee, 2012) o de mortalidad (Newman, 2006; Rantanen, 2000).

Para realizar esta medición se utilizó el equipo *Microfet® 2*. Se midió la fuerza de 3 músculos en concreto. Fueron el psoas iliaco, el cuádriceps femoral y el bíceps braquial. Se escogieron estos 3 porque son músculos esenciales en las AVD de toda persona.

El participante se encontraba en sedestación durante la prueba, se colocaba el músculo a valorar en posición de acortamiento relativo y se pedía al sujeto una contracción del mismo. Se utilizaba el aparato *Microfet® 2* para ejercer sobre el músculo una fuerza de sentido contrario a la producida por la persona, mantenida hasta que ésta claudicaba. De

esa manera, se registraba la fuerza pico alcanzada con la contracción muscular (en libras) y el tiempo total de la contracción (medido en segundos). Se repetía la valoración de cada músculo 3 veces con un descanso de 1 minuto entre mediciones. En todos los casos se evaluó el lado dominante del sujeto. Para los resultados se seleccionó el valor más alto de los obtenidos.

- **Presión inspiratoria estática máxima.** (P_Imax, cm H₂O) también conocida como *maximum static inspiratory pressure*. Es la presión negativa máxima que puede generar y mantener el conjunto de la musculatura inspiratoria, contra un circuito ocluido, durante al menos un 1 segundo (Black y Hyatt, 1969). Esta medida debe tomarse tras una espiración máxima, lo más cerca posible del volumen residual (ATS/ERS, 2002). La P_Imax resulta una medida fiable de la fuerza de los músculos inspiratorios (diafragma e intercostales externos fundamentalmente).

- **Presión espiratoria estática máxima.** (P_Emax, cm H₂O) también conocida como *maximum static expiratory pressure*. Es la presión positiva máxima que puede generar y mantener el conjunto de la musculatura espiratoria, contra un circuito ocluido, durante al menos un 1 segundo (Black y Hyatt, 1969). Esta medida se toma tras una inspiración máxima, es decir, lo más cerca posible de la capacidad pulmonar total (ATS/ERS, 2002). La P_Emax está considerada una medida fiable de la fuerza de la musculatura espiratorio (abdominales y músculos intercostales internos principalmente).

- **Ventilación máxima voluntaria.** (VMV, L/min) también conocida como *maximum voluntary ventilation*. Se define como el volumen máximo de aire que una persona puede movilizar en un periodo específico de tiempo (en sujetos normales 12 segundos) tratando de respirar lo más rápido y profundo que pueda. Se realiza una extrapolación de los resultados a un minuto (ATS/ERS, 2005). La VMV proporciona una medida representativa de la resistencia de la musculatura tanto inspiratoria como espiratoria (ATS/ERS, 2002).

Respecto a la valoración funcional respiratoria, el modo de proceder fue el que sigue:

1. Calibración del espirómetro con una jeringa *Cardinal Health*[®] de 1 L ± 12 mL de capacidad. La variabilidad máxima aceptada fue del ± 3%.
2. Medición de la frecuencia cardiaca, presión arterial y la pulsioximetría basal.
3. Explicación de la maniobra a realizar y preparación de la persona (postura correcta, colocación de boquilla y pinzas nasales)

4. Medición de las presiones estáticas máximas (P_Imax y P_Emax) mediante el aparato *MicroRPM*®. Para medir la P_Emax se indicaba al participante que tomara aire hasta llegar a la capacidad pulmonar total para a continuación expulsarlo con la mayor fuerza posible durante al menos 1 segundo. Para medir la P_Imax se pedía al participante que expulsara aire hasta llegar al volumen residual y seguidamente tomar lo más fuerte posible durante 1 segundo. Se repetía cada maniobra hasta obtener 3 valores aceptables (sin más de 10% de diferencia entre cada una), dejando 1 minuto de reposo entre cada intento. Para los resultados se seleccionó el valor más alto obtenido de las 3 mediciones (Enright, 1994).
5. A continuación se realizó la espirometría forzada o curva flujo/volumen mediante el espirómetro portátil Jaeger (*VIASYS*®). Se obtenían 3 maniobras aceptables, descansando entre cada una de ellas al menos 1 minuto. A través de esta prueba se conseguían los valores de: Capacidad vital (CV), capacidad vital forzada (CVF), volumen espiratorio forzado en el primer segundo (VEMS), Relación VEMS/CVF, flujo espiratorio pico (FEP) y flujo inspiratorio pico (FIP) (ATS/ERS, 2005).
6. Para la medida de la ventilación máxima voluntaria (VMV) se empleó el mismo equipo. En la prueba se incentivaba al participante a respirar lo más rápido y profundo que fuese capaz durante un total de 12 segundos. Se seleccionaron los valores más altos de las 3 mediciones registradas, siempre y cuando la diferencia entre ellas no fuese superior al 20%. (ATS/ERS, 2005).

2.6 PROTOCOLO DE ENTRENAMIENTO DE LA MUSCULATURA RESPIRATORIA

Los participantes del grupo experimental, siguieron un protocolo interválico de entrenamiento específico de la musculatura respiratoria a través del dispositivo de carga umbral denominado *Threshold® Inspiratory Muscle Trainer (IMT)*. La duración del mismo fue de 8 semanas, con una frecuencia de 3 sesiones semanales, a días alternos. Las sesiones se desarrollaron por la mañana y tenían una duración total de 21 minutos, distribuidas en 7 ciclos de 2 minutos de trabajo y 1 de descanso (Tabla 2.2). Este protocolo fue diseñado en el año 2003 por Sturdy et al., no obstante fue modificado posteriormente por Hill (2006). El protocolo empleado en este estudio es el descrito por este último autor.

Previamente a comenzar las 8 semanas de entrenamiento, se realizaron 6 sesiones de familiarización con el dispositivo de carga umbral, distribuidas en 2 semanas consecutivas. En estas dos semanas, la intensidad de trabajo fue entre 7-10 cmH₂O. El objetivo de esta familiarización fue evitar “vicios” por parte de los participantes, así como ajustar la carga de entrenamiento con mayor facilidad durante la fase de entrenamiento posterior. A lo largo del protocolo de entrenamiento, se iba aumentando la carga de trabajo según la tolerancia del paciente (medida a través de la escala Borg CR10). Inicialmente, la carga de trabajo se ajustó al 50% de la P_Imax obtenida en la valoración previa al entrenamiento. Semanalmente, esta carga se iba incrementando según la percepción subjetiva de esfuerzo del participante. Concluida la cuarta semana de entrenamiento, volvió a ajustarse la intensidad al 50% de la P_Imax obtenida en la valoración intermedia. De la misma manera, semanalmente se continuó incrementando la carga teniendo en cuenta la percepción subjetiva de esfuerzo.

Las sesiones de entrenamiento estaban guiadas por una grabación magnetofónica y supervisadas por un fisioterapeuta.

Tabla 2.2		Protocolo de entrenamiento interválico mediante Threshold® IMT	
Ciclo	Tiempo de trabajo	Tiempo de descanso	Comienzo del siguiente ciclo
1	2 min	1 min	3 min
2	2 min	1 min	6 min
3	2 min	1 min	9 min
4	2 min	1 min	12 min
5	2 min	1 min	15 min
6	2 min	1 min	18 min
7	2 min	1 min	21 min
Total	14 min	7 min	Total 21 min

Una vez a la semana, se registraba la pulsioximetría de los participantes con el objetivo de detectar posibles variaciones en la saturación de oxígeno (Sat O₂) y/o cambios relevantes en la frecuencia cardiaca (FC). Se anotaba la Sat O₂ y la FC al comienzo del entrenamiento y al finalizar cada uno de los 7 ciclos de trabajo (ver tabla 2.2).

Tras finalizar cada sesión de entrenamiento, se registraba en la ficha individual de cada participante:

- a) Intensidad de trabajo de la sesión (cm H₂O)
- b) Tiempo de trabajo completado y/o número de interrupciones durante el entrenamiento
- c) Percepción subjetiva de disnea (0-10) durante la sesión
- d) Percepción subjetiva de fatiga (0-10) durante la sesión

2.7 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para los análisis estadísticos y la presentación de resultados se empleó el programa informático SPSS 20 (SPSS, Inc., Chicago, IL).

Los análisis estadísticos incluyeron los descriptivos, pruebas exploratorias y de inferencia estadística.

Los estadísticos descriptivos se calcularon para todas las variables y se presentaron con la media \pm 1 desviación estándar para las variables cuantitativas y porcentajes para las variables cualitativas. Se realizaron análisis de normalidad, así como otros supuestos

estadísticos, también se identificaron valores atípicos antes de utilizar técnicas de modelado de datos. Todas las variables se evaluaron para comprobar normalidad y valores atípicos mediante gráficas y medias estadísticas, gráficos q-q y prueba de Kolmogorov-Smirnov se utilizaron en las pruebas de normalidad, gráfico de caja y bigotes y puntuaciones z ($> \pm 3$) para los valores atípicos.

Los cálculos de estadística inferencial se emplearon para comprobar la posible existencia de diferencias estadísticamente significativas entre las variables de estudio. Los niveles basales de las variables de interés se compararon entre los dos grupos por medio de la prueba t de *Student* o prueba de Chi-cuadrado, dependiendo de la naturaleza de las variables.

RESULTADOS

3. RESULTADOS

3.1. DESCRIPTIVOS DE LA MUESTRA

3.1.1. CARACTERÍSTICAS BASALES

La muestra analizada está formada por 37 personas (76% mujeres), con una edad comprendida entre los 62 y los 94 años de edad. Las características antropométricas, los datos referentes a la fuerza de la musculatura respiratoria y fuerza periférica, se muestran en la Tabla 3.1.

Tabla 3.1	Características basales de la muestra analizada en su conjunto y de los 2 grupos: porcentajes o medias (desviaciones típicas).			
	Muestra analizada (n=37)	Grupo control (n=9)	Grupo entrenado (n=28)	p
Datos antropométricos				
Género (M / H, %)	76 / 24	100 / 0	71 / 29	0,070
Edad (años)	81,7 (7,9)	83,7 (10,6)	81,0 (6,9)	0,391
Peso (Kg)	73,0 (15,0)	64,6 (11,2)	75,7 (15,2)	0,051
Altura (cm)	156,1 (10,1)	149,4 (10,9)	158,2 (9,0)	0,021
IMC (Kg/m ²)	30,0 (5,6)	28,9 (3,6)	30,4 (6,2)	0,488
Fuerza de la musculatura respiratoria				
PImax (cm H ₂ O)	37,4 (18,7)	34,1 (12,7)	38,6 (20,4)	0,544
PEmax (cm H ₂ O)	60,6 (22,2)	59,7 (19,9)	60,9 (23,3)	0,889

Fuerza de la musculatura periférica				
Prensión manual (kg)	15,2 (5,1)	15,2 (4,6)	15,2 (5,4)	0,988
Prensión manual (%predicho)	80 (25)	92 (29)	75 (23)	0,077
Cuádriceps (kg)	6,6 (2,1)	7,2 (1,4)	6,5 (2,3)	0,410
Psoas (kg)	7,7 (1,9)	8,3 (1,2)	7,5 (2,0)	0,239
Bíceps (kg)	8,3 (2,3)	8,7 (1,8)	8,1 (2,5)	0,524
Definición de las abreviaturas: IMC: Índice de masa corporal; PImax: Presión inspiratoria estática máxima; PEmax: Presión espiratoria estática máxima.				

No se observaron diferencias significativas entre los grupos, a excepción de la altura . En general, los participantes presentaron una disminución de la fuerza de prensión manual de un 20%, siendo esta disminución ligeramente mayor en el grupo entrenado.

Tampoco se observaron diferencias en los valores que presentaban los participantes en el Mini Examen Cognoscitivo (MEC), ni en el índice de Barthel. El valor medio del MEC para la muestra analizada fue de 25,83 (7,60), en el grupo control de 26,11 (4,96) y en el grupo entrenado de 25,74 (8,38), $p=0,874$. En cuanto al índice de Barthel, la media fue de 48,38 (21,31). Por grupos, el grupo control presentó un valor de 52,22 (27,63) y el grupo entrenado de 47,14 (19,31), $p=0,541$.

3.1.2 CAPACIDAD DE EJERCICIO

Prueba con manivela ergométrica

Los datos referentes a la prueba con manivela ergométrica están recogidos, por grupos, en la Tabla 3.2.

Tabla 3.2	Resultados de la prueba con manivela ergométrica para la muestra analizada y de los 2 grupos: porcentajes o medias (desviaciones típicas).			
	Muestra analizada (n=30)	Grupo control (n=7)	Grupo entrenado (n=23)	p
Variables relativas				
FCsubmax (lpm)	90,6 (14,2)	94,4 (12,0)	89,4 (14,9)	0,422
Gasto energético (Cal)	8,0 (8,1)	5,7 (7,8)	8,7 (8,3)	0,397
Tiempo (s)	214,6 (170,1)	175,4 (189,0)	226,6 (166,6)	0,496
Potencia alcanzada (W)	4,7 (6,7)	3,6 (7,5)	5,0 (6,6)	0,629
Percepción subjetiva de esfuerzo (Escala Borg CR10)				
• Disnea inicial	0,7 (0,2)	0,1 (0,4)	0,0 (0,1)	0,519
• Fatiga inicial	0,4 (0,9)	0,4 (1,1)	0,4 (0,8)	0,969
• Disnea final	0,7 (1,0)	0,9 (1,2)	0,7 (0,9)	0,673
• Fatiga final	1,5 (1,4)	1,6 (1,7)	1,4 (1,3)	0,820
Motivo finalización (%)				
1. Alcanza 80% de la FCmax	10	14	9	
2. Incapaz de mantener 50 RPM	83	72	87	0,572
3. Incapacidad manifiesta para continuar	7	14	4	
Definición de las abreviaturas: FCsubmax: Frecuencia cardiaca submáxima; FCmax: Frecuencia cardiaca máxima; RPM: Revoluciones por minuto.				

La muestra analizada para la prueba con manivela ergométrica fue de 30 personas (81% muestra total). Las 7 personas restantes no realizaron la prueba debido a: secuelas de una hemiplejía (n=5) y presencia de hombro doloroso (n=2).

No se encontraron diferencias significativas entre los 2 grupos en ninguna de las variables estudiadas en la prueba esta prueba.

La media de edad de la muestra fue de 82 años, por tanto el 80% de su FCmax teórica para esta prueba era de 110,4 lpm. No obstante, la FC media alcanzada por la totalidad de los participantes fue de 90,4 lpm, lo que supone el 65,5% de su FCmax teórica. Esto es un 90% de la muestra analizada (n=27) finalizó la prueba sin alcanzar el 80% de su FCmax teórica, siendo la principal causa de finalización el no mantenimiento de las 50RPM protocolizadas.

La percepción subjetiva de esfuerzo que manifestaron los participantes al finalizar la prueba fue mayor en lo que se refiere a la fatiga muscular (1,5) respecto a la disnea (0,7), sin diferencia estadísticamente significativa. Esto podría ser debido a que la finalización de la prueba estuvo más relacionada con la debilidad muscular que con problemas respiratorios.

Prueba de marcha de 10 metros

Los resultados obtenidos en la realización de la prueba de marcha de 10 metros, se muestran en la Tabla 3.3.

Tabla 3.3	Resultados de la prueba de marcha de 10m para la muestra analizada y de los 2 grupos. Porcentajes o medias (desviaciones típicas).			
	Muestra analizada (n=13)	Grupo control (n=4)	Grupo entrenado (n=9)	p
Variables relativas				
Tiempo (s)	31,2 (24,0)	25,8 (8,4)	33,6 (28,5)	0,610
Velocidad marcha (m/s)	0,4 (0,2)	0,4 (0,1)	0,5 (0,3)	0,804

Uso de ayudas (%)				
1. No	15	25	11	
2. Andador	69	75	67	0,738
3. Bastón	8	0	11	
4. Muletas	8	0	11	
Percepción subjetiva de esfuerzo (Escala Borg CR10)				
• Disnea inicial	0,5 (0,9)	1,0 (1,6)	0,3 (0,7)	0,220
• Fatiga inicial	1,1 (1,2)	2,0 (1,4)	0,7 (1,0)	0,082
• Disnea final	0,5 (0,9)	1,0 (1,6)	0,3 (0,7)	0,220
• Fatiga final	1,5 (1,5)	2,3 (1,5)	1,1 (1,4)	0,204

La muestra analizada en la prueba de 10m metros marcha fue de 13 personas debido a que los demás participantes eran incapaces de realizar un recorrido de 14m de manera autónoma y utilizaban la silla de ruedas para todos sus desplazamientos. El 69% de los que realizaron la prueba utilizó un andador como ayuda técnica.

No se observaron diferencias significativas en las variables de la prueba de marcha 10m entre el grupo control y el entrenado.

De igual manera que en la prueba de manivela ergométrica, la percepción subjetiva de esfuerzo al finalizar la prueba de marcha no fue significativa estadísticamente, pero fue ligeramente mayor para la fatiga muscular (1,5) que para la disnea (0,5).

3.2. EFECTOS DEL PROTOCOLO DE ENTRENAMIENTO EN LA CAPACIDAD DE EJERCICIO

3.2.1 PRUEBA CON MANIVELA ERGOMÉTRICA

Frecuencia cardíaca submáxima

En este apartado se pone a prueba la hipótesis que espera que la variable frecuencia cardíaca submáxima (FCsubmax) mejore debido al entrenamiento en el grupo experimental y se mantenga en el grupo control, relacionado con el objetivo 1: “Evaluar si un protocolo de entrenamiento específico de la musculatura respiratoria mejora la frecuencia cardíaca submáxima (FCsubmax, lpm) en la prueba de esfuerzo con manivela ergométrica en el anciano con debilidad muscular generalizada”.

Las medias y desviaciones típicas para los 2 grupos en los 2 momentos temporales se muestran en la tabla 3.4.

Tabla 3.4	Valores de frecuencia cardiaca submáxima (lpm) para cada uno de los grupos y momentos temporales en que fue medida: medias (desviaciones típicas).		
	Grupo control (n=5)	Grupo entrenado (n=20)	p
Pre-entrenamiento (tiempo 1)			
FCsubmax (lpm)	96,8 (7,1)	99,5 (21,6)	0,788
Post-entrenamiento (tiempo 2)			
FCsubmax (lpm)	87,2 (7,1)	92,5 (15,8)	0,481
Definición de las abreviaturas: FCsubmax: Frecuencia cardiaca submáxima			

Para comprobar la hipótesis, se realizó un análisis de varianza (ANOVA) 2 (grupo) x 2 (momento temporal) con medidas repetidas en este último. Se muestra la significación estadística y el tamaño del efecto mediante eta-cuadrado (η^2). Para la frecuencia cardiaca submáxima, los resultados mostraron un efecto significativo del tiempo ($F_{1,23}= 7,891$; $p=0,010$; $\eta^2= 0,255$), aunque el efecto de interacción no resultó significativo ($F_{1,23}= 0,185$; $p=0,671$; $\eta^2= 0,008$). Los valores de frecuencia cardiaca máxima tendieron a disminuir ($p>0,05$) entre las valoraciones pre-entrenamiento y post-entrenamiento, para ambos grupos. En la figura 3.1 se muestran las medias frecuencia cardiaca submáxima mediante un gráfico de líneas.

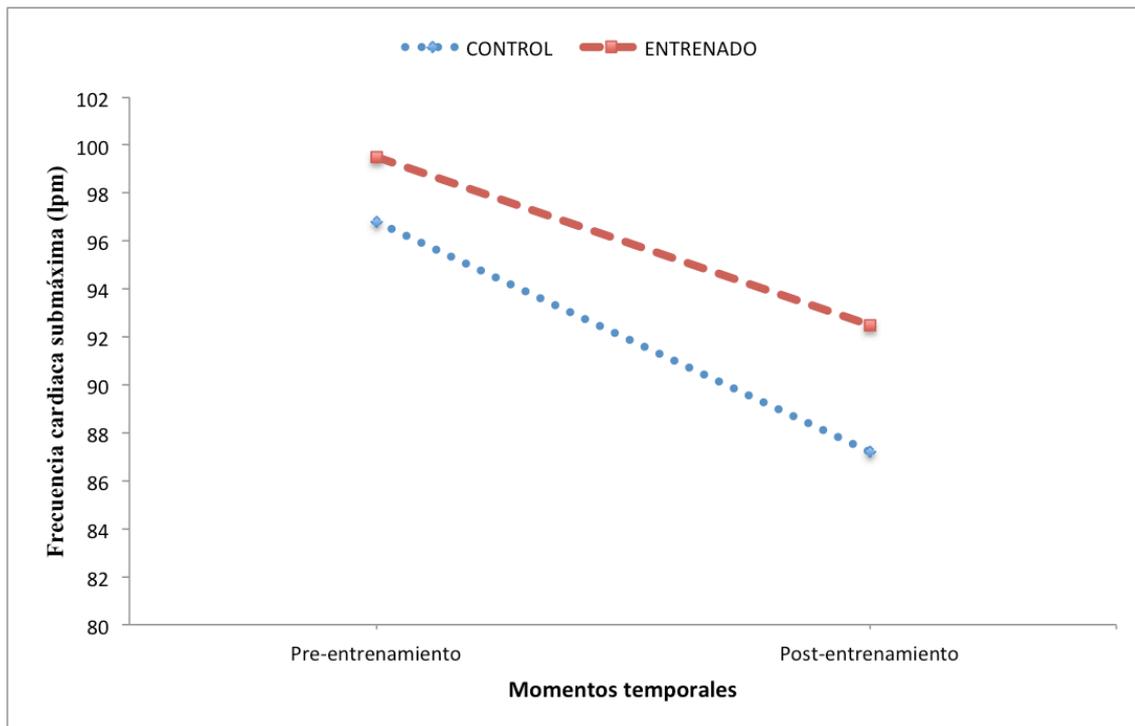


Figura 3.1 Valores de frecuencia cardiaca submáxima (lpm) para cada uno de los grupos y momentos en que fue medida.

Tiempo total alcanzado

Aquí se pone a prueba la hipótesis que espera que la variable tiempo total alcanzado durante la prueba de esfuerzo mejore mediante el entrenamiento en el grupo experimental y se mantenga en el grupo control. Esta hipótesis está relacionada con el objetivo 2: "Evaluar si un protocolo de entrenamiento específico de la musculatura respiratoria aumenta el tiempo mantenido (s) en la prueba de esfuerzo en el anciano con debilidad muscular generalizada".

Para comprobar la hipótesis se realiza un ANOVA 2 (grupo) x 2 (momento temporal) con medidas repetidas en este último factor.

Los resultados muestran que no existieron un efecto significativo del tiempo ($F_{1,23}= 1,472$; $p=0,237$; $\eta^2= 0,060$) y tampoco resulta significativo el efecto de interacción ($F_{1,23}= 2,739$; $p=0,112$; $\eta^2= 0,106$). Las medias y desviaciones típicas del tiempo total para el grupo control y entrenado en los 2 momentos temporales se muestran en la tabla 3.5.

Tabla 3.5		Valores del tiempo alcanzado para cada uno de los grupos y momentos temporales en que fue medido: medias (desviaciones típicas).		
		Grupo control (n=5)	Grupo entrenado (n=20)	p
Pre-entrenamiento (tiempo 1)				
Tiempo (s)	189,2 (31,3)	237,9 (149,7)	0,484	
Post-entrenamiento (tiempo 2)				
Tiempo (s)	112,6 (42,4)	249,7 (204,2)	0,155	

El tiempo total alcanzado durante la prueba descendió en el grupo control desde la valoración previa al entrenamiento hasta la valoración posterior al entrenamiento, mientras que aumentó para el grupo entrenado, sin diferencias significativas entre ambos. En la figura 3.2 se muestra la evolución de esta variable para ambos grupos.

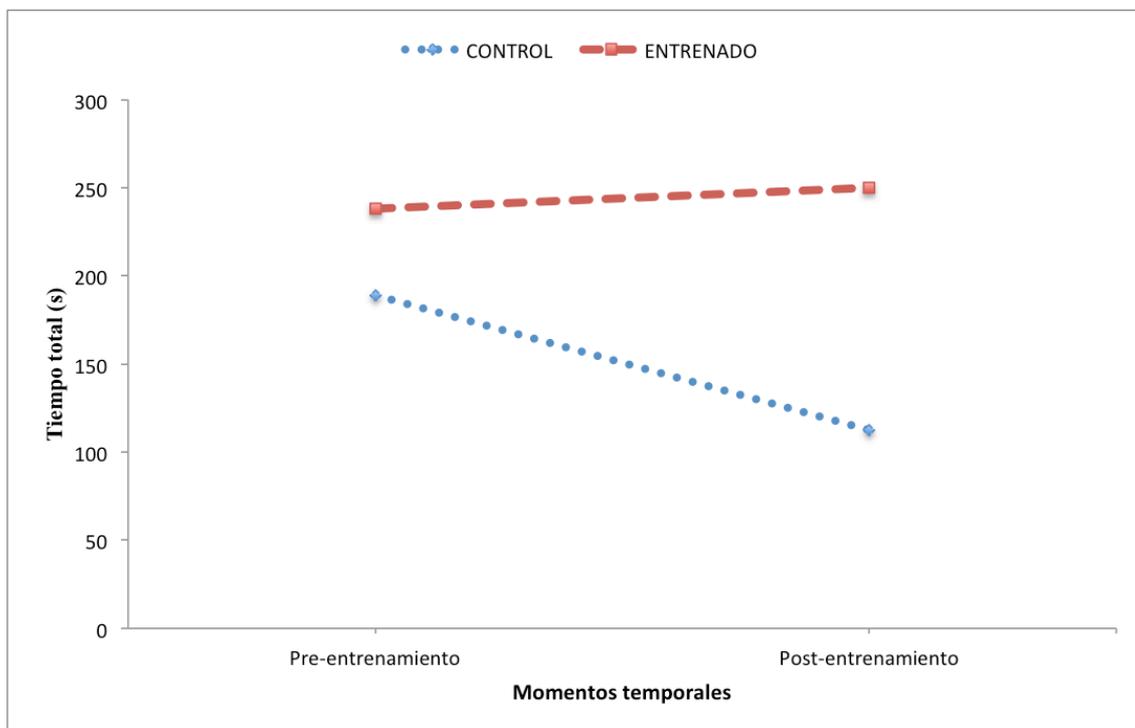


Figura 3.2

Tiempo total (s) durante la prueba con manivela ergométrica para cada uno de los grupos y momentos en que fue medido.

Disnea

En este apartado se pone a prueba la hipótesis que espera que la variable dependiente disnea mejore en la prueba con manivela ergométrica debido al entrenamiento en el grupo experimental y se mantenga en el grupo control, relacionado con el objetivo número 4: “Evaluar si un protocolo de entrenamiento específico de la musculatura respiratoria mejora la disnea (Borg CR10) en el anciano con debilidad muscular generalizada”. Para comprobarlo, se realizaron 2 ANOVAS 2 (grupo) x 2 (momento temporal) con medidas repetidas en este último factor, un primer análisis para la disnea inicial y otro para la disnea final.

Los resultados mostraron que no había diferencias significativas entre los grupos ni para la disnea inicial ($p=0,113$) ni tampoco para la final ($p=0,632$).

3.2.2 PRUEBA DE MARCHA DE 10 METROS

Velocidad de marcha

En este apartado se pone a prueba la hipótesis que espera que la variable dependiente velocidad de marcha mejore debido al entrenamiento en el grupo experimental y se mantenga en el grupo control, cuestión relacionada con el objetivo número 3: “Evaluar si un protocolo de entrenamiento específico de la musculatura respiratoria mejora la velocidad de marcha (V_{marcha} , m/s) en el anciano con debilidad muscular generalizada”.

Para comprobar la hipótesis se realiza una ANOVA 2 (grupo) x 2 (momento temporal) con medidas repetidas en este último factor.

Los resultados muestran que no existe un efecto significativo del tiempo ($F_{1,8}= 1,185$; $p=0,308$; $\eta^2= 0,129$) y tampoco de la interacción ($F_{1,8}= 1,185$; $p=0,308$; $\eta^2= 0,129$). Las medias y desviaciones típicas para ambos grupos en los 2 momentos temporales se muestran en la tabla 3.6.

Tabla 3.6

Resultados de la prueba de marcha de 10m para cada uno de los grupos y momentos temporales en que fue medida: medias (desviaciones típicas).

	Grupo control (n=3)	Grupo entrenado (n=7)	p
Pre-entrenamiento (tiempo 1)			
Velocidad (m/s)	0,38 (0,1)	0,32 (0,1)	0,537
Post-entrenamiento (tiempo 2)			
Velocidad (m/s)	0,38 (0,2)	0,43 (0,2)	0,736

Entre la primera y la segunda valoración, la velocidad de marcha en los participantes del grupo control se mantiene y en el grupo entrenado aumenta ligeramente, sin diferencias significativas entre los grupos. En la figura 3.3 se muestran las medias de velocidad de marcha para ambos grupos a través de un gráfica de líneas.

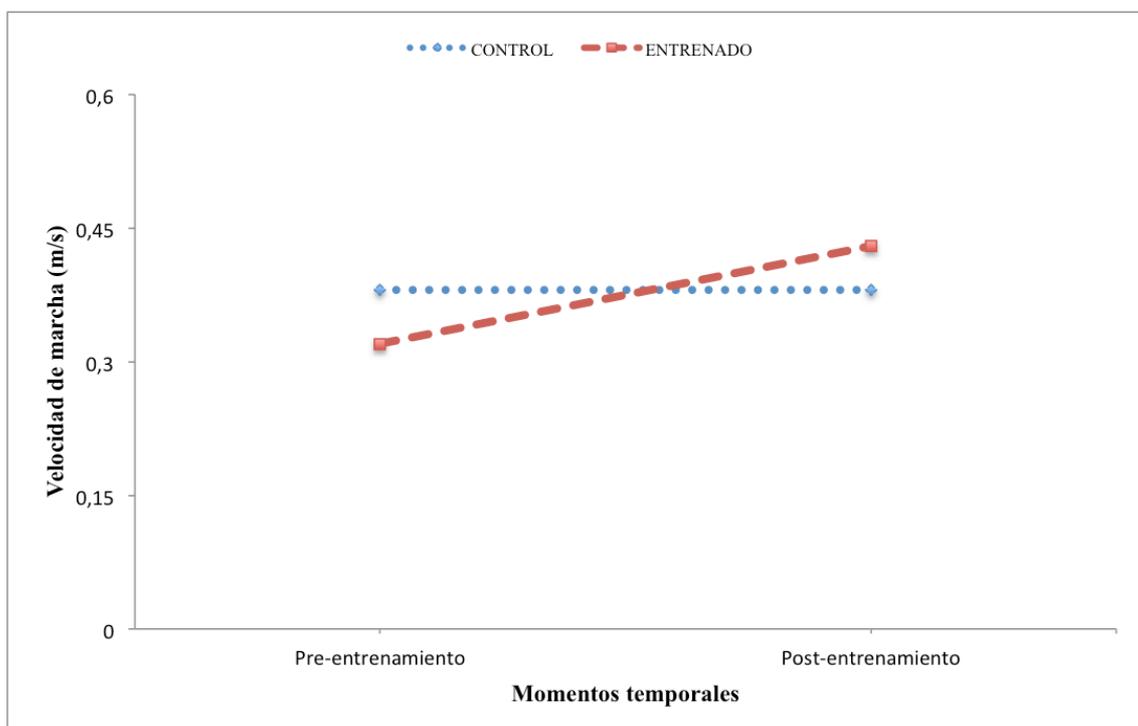


Figura 3.3

Velocidad de marcha (m/s) para cada uno de los grupos y momentos en que fue medido.

Disnea

En este apartado se pone a prueba la hipótesis que espera que la variable dependiente disnea mejore en la prueba de 10m marcha debido al entrenamiento en el grupo experimental y se mantenga en el grupo control, relacionado con el objetivo número 4: “Evaluar si un protocolo de entrenamiento específico de la musculatura respiratoria mejora la disnea (Borg CR10) en el anciano con debilidad muscular generalizada”. Para comprobarlo, se realizaron 2 ANOVAS 2 (grupo) x 2 (momento temporal) con medidas repetidas en este último factor, una primera para la disnea inicial y otra para la disnea final.

Para la disnea inicial, los resultados muestran que no existe un efecto significativo del tiempo ($F_{1,8}= 0,400$; $p=0,545$; $\eta^2= 0,048$) y tampoco de la interacción ($F_{1,8}= 2,500$; $p=0,153$; $\eta^2= 0,238$). En cuanto a la disnea final, los resultados muestran que tampoco existe un efecto significativo del tiempo ($F_{1,8}= 1,800$; $p=0,217$; $\eta^2= 0,184$) ni de la interacción ($F_{1,8}= 3,200$; $p=0,111$; $\eta^2= 0,286$). Las medias y desviaciones típicas para ambos grupos en los 2 momentos temporales se muestran en la tabla 3.7.

Tabla 3.7	Disnea en la prueba de marcha de 10m para cada uno de los grupos y momentos temporales en que fue medida: medias (desviaciones típicas).		
	Grupo control (n=3)	Grupo entrenado (n=7)	p
Pre-entrenamiento (tiempo 1)			
• Disnea inicial	0,7 (1,2)	0,4 (0,8)	0,709
• Disnea final	0,7 (1,2)	0,4 (0,8)	0,709
Post-entrenamiento (tiempo 2)			
• Disnea inicial	1,3 (0,6)	0,1 (0,4)	0,004
• Disnea final	1,7 (1,2)	0,3 (0,5)	0,023

Entre la valoración pre-entrenamiento y post-entrenamiento, se observaron cambios significativos en la disnea (Borg CR10) entre ambos grupos, tanto para la disnea inicial ($p=0,004$) como para la final ($p=0,023$). En el grupo control, tanto la disnea inicial

como la final aumentaron en la valoración post-entrenamiento y en el grupo entrenado ambas dos descendieron. En las figura 3.4 y 3.5 se muestran las medias de disnea inicial y final para ambos grupos a través de un gráfica de líneas.

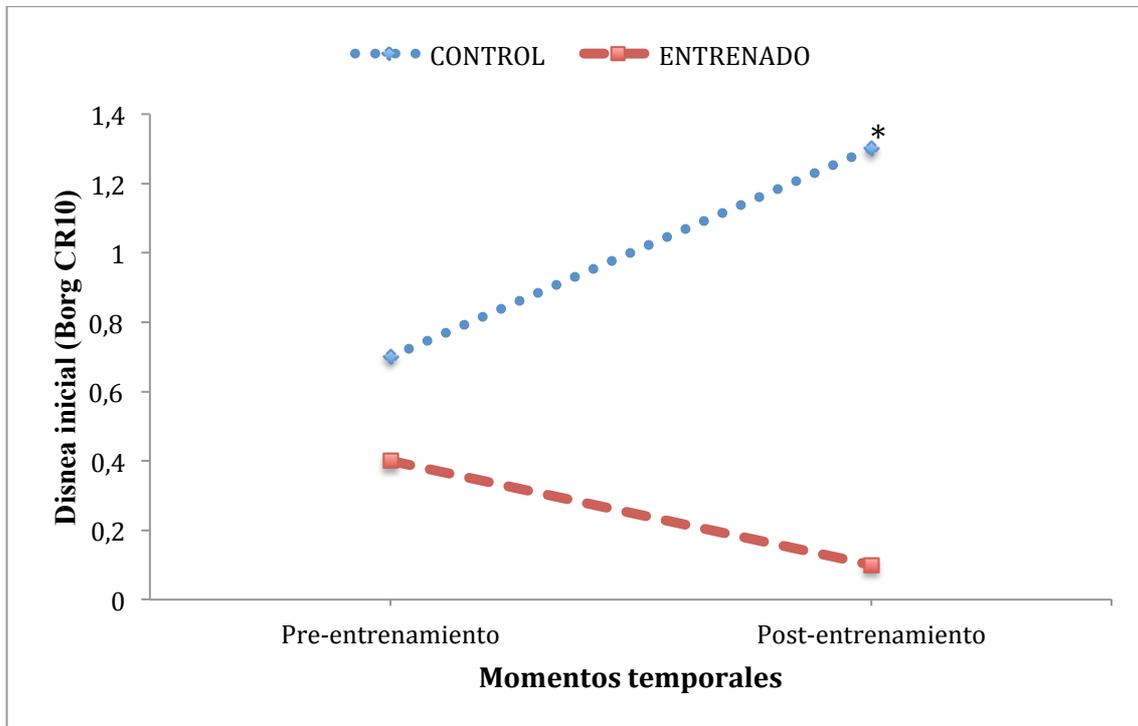


Figura 3.4 Disnea inicial para cada uno de los grupos y momentos en que fue medida. *= $p < 0,05$

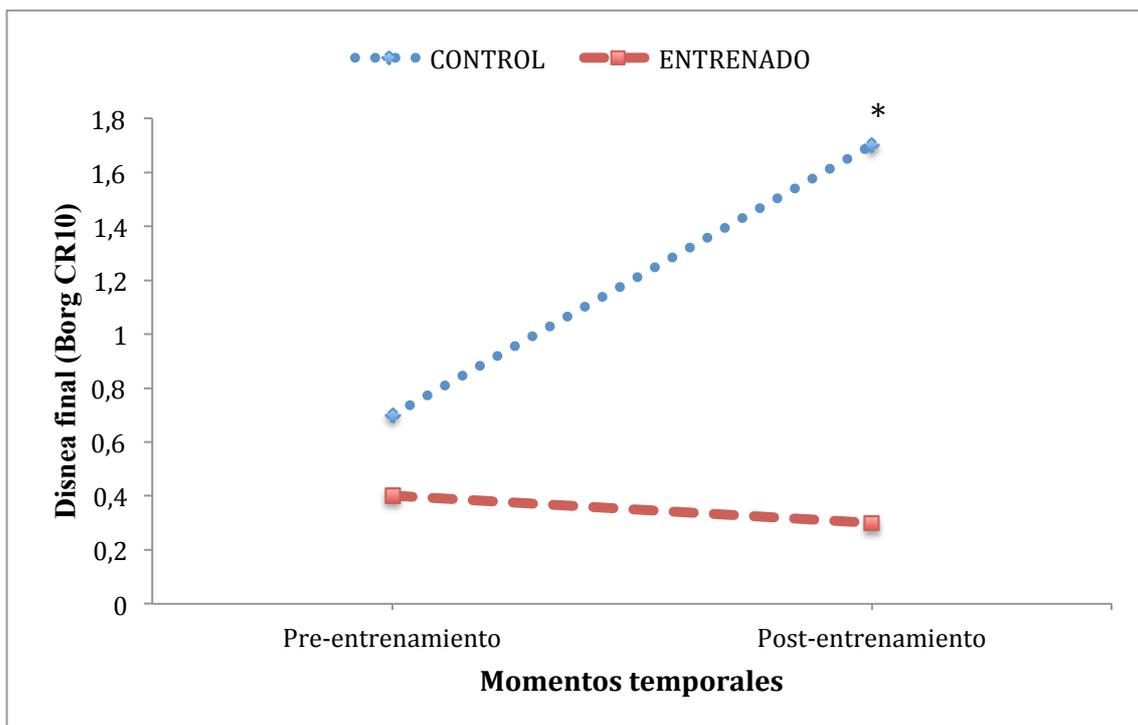


Figura 3.5 Disnea final para cada uno de los grupos y momentos en que fue medida. *= $p < 0,05$

DISCUSIÓN

4. DISCUSIÓN

4.1. CONSIDERACIONES GENERALES

A través de este ensayo clínico aleatorizado no hemos observado mejora significativa en la capacidad de esfuerzo, ni en lo referente a la prueba con manivela ergométrica (T y FCsubmax) ni a la prueba de marcha (Vmarcha). No obstante, hemos apreciado una tendencia diferente entre los grupos: a) para la prueba con manivela ergométrica, en el grupo entrenado hemos observado un aumento en la variable tiempo y una disminución en la FCsubmax alcanzada; y b) para la prueba de marcha, un incremento de la velocidad para el grupo entrenado. Esto podría indicar que algún factor derivado del entrenamiento puede haber influido en la respuesta diferenciada entre los grupos entrenado y control. A este respecto, la tendencia observada para el grupo control orienta hacia un deterioro progresivo durante las 8 semanas en que el grupo entrenado participó en la intervención.

Por otra parte, se ha observado una mejora clínica significativa en lo que respecta a la disnea previa y posterior a la prueba de marcha para el grupo experimental.

4.2. CONSIDERACIONES RELATIVAS A LOS RESULTADOS OBTENIDOS

Los resultados de este trabajo no confirman la eficacia del protocolo de entrenamiento específico de la musculatura respiratoria para mejorar la capacidad de esfuerzo, a diferencia de otros estudios que sí observan resultados positivos. Watsford y Murphy (2008) concluyen que el entrenamiento de la musculatura respiratoria en mujeres mayores, produce mejoras significativas en la capacidad de esfuerzo medida a través de una prueba con *treadmill*. Mejora un 12% el tiempo total de la prueba de esfuerzo, se reducen en un 5% la frecuencia cardiaca submáxima y en un 8% la percepción subjetiva de esfuerzo para la disnea. Este último dato, coincide con los resultados de nuestro estudio, ya que en nuestra intervención también observamos una mejora significativa en la percepción subjetiva de esfuerzo para la disnea durante la prueba de 10m marcha en el grupo entrenado. Nuestros hallazgos también apuntan a una mejora en el tiempo total durante la prueba de esfuerzo y un descenso en la FCsubmax, no obstante sin cambios significativos. Las diferencias con este estudio pueden deberse al protocolo de entrenamiento así como a las características de la población estudiada. Watsford y Murphy emplean en su estudio un dispositivo que ofrece resistencia tanto a la inspiración como a la espiración (*Powerlung*®), la duración total del protocolo de entrenamiento era de 8 semanas al igual que el nuestro, no obstante los participantes

realizaban 12 sesiones semanales repartidas en 6 días. Respecto al tipo de población, la media de edad de los participantes (65 ± 3 años) era marcadamente inferior a la de nuestra muestra (82 ± 8 años) y todos ellos eran personas sanas que vivían en comunidad. Además el tamaño de la muestra ($n=26$), era menor al de nuestro trabajo ($n=37$).

Mancini et al (1995) también encuentran aumentos significativos en la capacidad de ejercicio (distancia recorrida y $VO_2\text{max}$ en la prueba de 6 minutos marcha) tras un protocolo de entrenamiento que incluía diversos aspectos: hiperventilación isocápnic, trabajo con Threshold® IMT, entrenamiento de la fuerza y ejercicios de calistenia . La duración total de su protocolo de entrenamiento fue de 3 meses, con una frecuencia de 3 sesiones semanales, cada una de las cuales duraba 90 minutos. Su muestra la integraron pacientes con insuficiencia cardiaca congestiva, una condición que los excluye de nuestro estudio. La media de edad de los participantes (56 ± 15 años), difiere notablemente de la de nuestro estudio y el número total de participantes ($n=14$) también es inferior ($n=14$). Además Mancini et al. utilizan variables resultado diferentes a las nuestras, como la prueba de 6 minutos marcha (metros recorridos en 6 minutos).

Otros autores han obtenido resultados positivos en la aplicación del entrenamiento de la musculatura respiratoria para mejorar la capacidad de ejercicio en pacientes con patología respiratoria obstructiva crónica. Un metaanálisis de Geddes (2008) muestra una mejora significativa en el rendimiento de la prueba de marcha de 6 minutos y también en la percepción subjetiva de esfuerzo para la disnea. En los trabajos recogidos en este metaanálisis, existen diferentes modalidades de entrenamiento para la musculatura respiratoria (hiperventilación isocápnic, ventilación resistida y con carga umbral). La media de edad de los participantes (entre 56 y 68 años) también difiere bastante de la de nuestro estudio. En este mismo tipo de pacientes, Scherer (2000) halla cambios significativos en la prueba de marcha de 6 minutos, aunque afirma no encontrarlos en la prueba de esfuerzo con *treadmill*. No obstante, el tipo de paciente (personas de todas las edades con EPOC) difiere notablemente del nuestro (personas de edad avanzada sin EPOC) y el tamaño muestral ($n=30$) era inferior al nuestro. El método de entrenamiento empleado en este estudio para el grupo experimental fue la hiperventilación normocápnic a través de un dispositivo portátil. El protocolo duraba 8 semanas con una frecuencia de 5 sesiones semanales.

Tal y como hemos ido apuntando, varios pueden ser los motivos que podrían explicar las diferencias entre los resultados obtenidos en nuestro estudio respecto a los estudios previos:

a) Características de la muestra. Ninguno de los estudios nombrados anteriormente trabaja con una muestra como la nuestra: población anciana institucionalizada con debilidad muscular generalizada y una importante comorbilidad. Además la media de edad de la muestra (82 ± 8 años) supera en 10-15 años la de otros estudios y en todos ellos el número de participantes fue menor.

b) Modalidad de intervención. Existe gran variabilidad en el protocolo de entrenamiento implementado en los diferentes trabajos, únicamente uno de los estudios previos emplea el Threshold® IMT y lo hace en combinación con otros métodos. Además, la duración total del protocolo y/o el número de sesiones semanales es superior a la del nuestro en la mayoría de casos.

c) Variables resultado-pruebas realizadas. Las variables que emplean los diferentes autores para evaluar el efecto de su protocolo, también son diferentes a las nuestras, la mayoría utilizaron la prueba de 6 minutos marcha o una prueba de esfuerzo a través de un *treadmill*.

Por todo ello, pensamos que la tendencia a la mejora observada para las principales variables resultados podría acompañarse de diferencias significativas en el grupo experimental, atendiendo a una mayor duración del protocolo de entrenamiento. Especialmente, si consideramos las características de nuestra muestra: anciano octogenario, institucionalizado, con debilidad muscular generalizada, que lo incapacita para una deambulación autónoma.

4.3. LIMITACIONES DEL ESTUDIO

En nuestra opinión, las principales limitaciones del estudio han sido:

- a) El reducido tamaño muestral que impidió extender el diseño.
- b) La diferencia en número de participantes entre el grupo control y el grupo entrenado.
- c) Baja sensibilidad en la prueba con manivela ergométrica para la población estudiada, a pesar de utilizar una prueba estandarizada (Franklin, 1985).
- d) Duración del protocolo de entrenamiento hasta las 12 semanas.

4.4. FORTALEZAS DEL ESTUDIO

Las aportaciones más importantes de este estudio han sido:

- a) Las características de la muestra: población anciana institucionalizada con debilidad muscular generalizada y comorbilidad. Este tipo de población no suele ser objeto de estudio, especialmente en el ámbito de la fisioterapia respiratoria.

- b) La media de edad de los participantes fue de 82 ± 8 años, una edad bastante superior a la de investigaciones previas.
- c) Análisis de variables relativas a la capacidad de ejercicio.

4.5. FUTUROS ESTUDIOS: TESIS DOCTORAL

Para futuros estudios, creemos conveniente modificar e incluir aspectos relativos a las características de la muestra, del protocolo de entrenamiento y de las variables resultado.

Respecto a las características de la muestra:

- a) Comparar las diferencias entre la población institucionalizada con comorbilidad y debilidad muscular generalizada y la población anciana sana que vive en comunidad.
- b) Aumentar el tamaño muestral para todos los grupos estudiados.

En relación al protocolo de entrenamiento:

- a) Aumentar la duración en semanas, entre 8 y 12 semanas.
- b) Comparar con otra modalidad de entrenamiento más global como el ejercicio aeróbico con manivela ergométrica.

Por otra parte, como variables resultado:

- a) Incluir otras variables resultados: $VO_2\max$
- b) Diseñar y validar un protocolo específico para la prueba de esfuerzo mediante manivela ergométrica, sensible a cambios en la población anciana con debilidad generalizada.

CONCLUSIONES

5. CONCLUSIONES

Las principales conclusiones de este estudio han sido:

1. Un protocolo de entrenamiento específico de la musculatura respiratoria de 8 semanas de duración no mejora significativamente la frecuencia cardíaca submáxima (FC_{submax} , lpm) en la prueba de esfuerzo en el anciano con debilidad muscular generalizada.
2. Un protocolo de entrenamiento específico de la musculatura respiratoria de 8 semanas de duración no aumenta de manera significativa el tiempo mantenido (s) en la prueba de esfuerzo en el anciano con debilidad muscular generalizada.
3. Un protocolo de entrenamiento específico de la musculatura respiratoria de 8 semanas de duración no produce una mejora significativa de la velocidad de marcha (V_{marcha} , m/s) en el anciano con debilidad muscular generalizada.
4. Un protocolo de entrenamiento específico de la musculatura respiratoria de 8 semanas de duración produce una mejora significativa de la disnea (Borg CR10) en la prueba de 10 m marcha en el anciano con debilidad muscular generalizada.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aagaard, P., Suetta, C., Caserotti, P., Magnusson, S.P. & Kjaer, M. 2010, "Role of the nervous system in sarcopenia and muscle atrophy with aging: strength training as a countermeasure", *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, vol. 20, no. 1, pp. 49-64.

Ades, P.A., Waldmann, M.L. & Gillespie, C. 1995, "A controlled trial of exercise training in older coronary patients", *The journals of gerontology. Series A, Biological sciences and medical sciences*, vol. 50A, no. 1, pp. M7-11.

ATS/ERS Task Force: Standardisation of lung function testing, 2005. *Standard of spirometry. The European respiratory journal : official journal of the European Society for Clinical Respiratory Physiology*, 26, pp.319-38.

Barker, W.H., Zimmer, J.G., Hall, W.J., Ruff, B.C., Freundlich, C.B. & Eggert, G.M. 1994, "Rates, patterns, causes, and costs of hospitalization of nursing home residents: a population-based study", *American Journal of Public Health*, vol. 84, no. 10, pp. 1615-1620.

Baumgartner, R.N., Koehler, K.M., Gallagher, D., Romero, L., Heymsfield, S.B., Ross, R.R., Garry, P.J. & Lindeman, R.D. 1998, "Epidemiology of sarcopenia among the elderly in New Mexico", *American Journal of Epidemiology*, vol. 147, no. 8, pp. 755-763.

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 & Science in Sports*, vol. 18, no. 6, pp. 773-782.

de Vos, N.J., Singh, N.A., Ross, D.A., Stavrinou, T.M., Orr, R. & Fiatarone Singh, M.A. 2005, "Optimal load for increasing muscle power during explosive resistance training in older adults", *The journals of gerontology. Series A, Biological sciences and medical sciences*, vol. 60, no. 5, pp. 638-647.

Enright PL, Kronmal RA, Manolio TA, Schenker MB, Hyatt RE. Respiratory muscle strength in the elderly: correlates and reference values. *Am J Respir Crit Care Med* 1994; 149: 430±438.

European Commission, 2011. "The 2012 Ageing Report: Underlying Assumptions and Projection Methodologies". European Union.

Eurostat, 2011. "Demography Report 2010. Older, more numerous and diverse Europeans". Luxembourg: Publications Office of the European Union.

Evans, W.J. 1995, "What is sarcopenia?", *The journals of gerontology. Series A, Biological sciences and medical sciences*, vol. 50 Spec No, pp. 5-8.

Ferri, A., Scaglioni, G., Pousson, M., Capodaglio, P., Van Hoecke, J. & Narici, M.V. 2003, "Strength and power changes of the human plantar flexors and knee extensors in response to resistance training in old age", *Acta Physiologica Scandinavica*, vol. 177, no. 1, pp. 69-78.

Faulkner, J.A., Larkin, L.M., Claflin, D.R. & Brooks, S.V. 2007, "Age-related changes in the structure and function of skeletal muscles", *Clinical and experimental pharmacology & physiology*, vol. 34, no. 11, pp. 1091-1096.

Fielding, R.A., Vellas, B., Evans, W.J., Bhasin, S., Morley, J.E., Newman, A.B., Abellan van Kan, G., Andrieu, S., Bauer, J., Breuille, D., Cederholm, T., Chandler, J., De Meynard, C., Donini, L., Harris, T., Kannt, A., Keime Guibert, F., Onder, G., Papanicolaou, D., Rolland, Y., Rooks, D., Sieber, C., Souhami, E., Verlaan, S. & Zamboni, M. 2011, "Sarcopenia: an undiagnosed condition in older adults. Current consensus definition: prevalence, etiology, and consequences. International working group on sarcopenia", *Journal of the American Medical Directors Association*, vol. 12, no. 4, pp. 249-256.

Flansbjerg, U.B. & Lexell, J. 2010, "Reliability of gait performance tests in individuals with late effects of polio", *PM & R : the journal of injury, function, and rehabilitation*, vol. 2, no. 2, pp. 125-31; quiz 1 p following 167.

Fleg, J.L. 2012, "Aerobic exercise in the elderly: a key to successful aging", *Discovery medicine*, vol. 13, no. 70, pp. 223-228.

Fleg, J.L. & Lakatta, E.G. 1988, "Role of muscle loss in the age-associated reduction in VO₂ max", *Journal of applied physiology (Bethesda, Md.: 1985)*, vol. 65, no. 3, pp. 1147-1151.

Fleg, J.L., Morrell, C.H., Bos, A.G., Brant, L.J., Talbot, L.A., Wright, J.G. & Lakatta, E.G. 2005, "Accelerated longitudinal decline of aerobic capacity in healthy older adults", *Circulation*, vol. 112, no. 5, pp. 674-682.

Franklin, B.A. 1985, "Exercise testing, training and arm ergometry", *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, vol. 2, no. 2, pp. 100-119.

Friedman, S.M., Mendelson, D.A., Bingham, K.W. & McCann, R.M. 2008, "Hazards of hospitalization: residence prior to admission predicts outcomes", *The Gerontologist*, vol. 48, no. 4, pp. 537-541.

Geddes, E.L., O'Brien, K., Reid, W.D., Brooks, D. & Crowe, J. 2008, "Inspiratory muscle training in adults with chronic obstructive pulmonary disease: an update of a systematic review", *Respiratory medicine*, vol. 102, no. 12, pp. 1715-1729.

Gosselink, R. 2004, "Breathing techniques in patients with chronic obstructive pulmonary disease (COPD)", *Chronic respiratory disease*, vol. 1, no. 3, pp. 163-172.

Gosselink, R. Wagenaar, R.C. y Decramer, M., 1996. The reability of a commercially available threshold loading device. *Thorax*, 51(6), pp.601-5.

Graf, C. 2006, "Functional decline in hospitalized older adults", *The American Journal of Nursing*, vol. 106, no. 1, pp. 58-67, quiz 67-8.

Grange, C.C., Maire, J., Gros Lambert, A., Tordi, N., Dugue, B., Pernin, J.N. & Rouillon, J.D. 2004, "Perceived exertion and rehabilitation with arm crank in elderly patients after total hip arthroplasty: a preliminary study", *Journal of rehabilitation research and development*, vol. 41, no. 4, pp. 611-620.

Harkonen, R., Harju, R. & Alaranta, H. 1993, "Accuracy of the Jamar dynamometer", *Journal of hand therapy : official journal of the American Society of Hand Therapists*, vol. 6, no. 4, pp. 259-262.

Hill, K. et al., 2006, High-intensity inspiratory muscle training in CODP. *The European respiratory journal: official journal of the European Society for Clinical Respiratory Physiology*, 27, pp.1119-28.

Huang, G., Gibson, C.A., Tran, Z.V. & Osness, W.H. 2005, "Controlled endurance exercise training and VO₂max changes in older adults: a meta-analysis", *Preventive cardiology*, vol. 8, no. 4, pp. 217-225.

IMSERSO, 2007, *A propósito de las condiciones de vida de los mayores. Encuesta 2006*. Madrid: Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales.

INE, 2013, "Encuesta Nacional de Salud en España 2011-2012".

Janssen, I., Heymsfield, S.B. & Ross, R. 2002, "Low relative skeletal muscle mass (sarcopenia) in older persons is associated with functional impairment and physical disability", *Journal of the American Geriatrics Society*, vol. 50, no. 5, pp. 889-896.

Janssen, I., Shepard, D.S., Katzmarzyk, P.T. & Roubenoff, R. 2004, "The healthcare costs of sarcopenia in the United States", *Journal of the American Geriatrics Society*, vol. 52, no. 1, pp. 80-85.

Janssens, J.P. Pache, J.C. y Nicod, L.P., 1999. Physiological changes in respiratory function associated with Ageing. *The European respiratory journal: official journal of the European Society for Clinical Respiratory Physiology*, 13, pp.197-205.

Krumpe, P.E. Knudson, R.J. Parsons, G. y Reiser, K., 1985. The aging respiratory system. *Clinics in geriatric medicine*, 1, pp.143-75.

Kubo, K., Kanehisa, H., Azuma, K., Ishizu, M., Kuno, S.Y., Okada, M. & Fukunaga, T. 2003, "Muscle architectural characteristics in young and elderly men and women", *International Journal of Sports Medicine*, vol. 24, no. 2, pp. 125-130.

Larson, J.L., Covey, M.K., Wirtz, S.E., Berry, J.K., Alex, C.G., Langbein, W.E. & Edwards, L. 1999, "Cycle ergometer and inspiratory muscle training in chronic obstructive pulmonary disease", *American journal of respiratory and critical care medicine*, vol. 160, no. 2, pp. 500-507.

Larsson, L. 1978, "Morphological and functional characteristics of the ageing skeletal muscle in man. A cross-sectional study", *Acta physiologica Scandinavica. Supplementum*, vol. 457, pp. 1-36.

Le Fur-Musquer, E., Delamarre-Damier, F., Decker, L.D., Le Strat, A., Lebatard, A., Manigold, V., Yvain, F., Sehier, R., Moulinoux, C., Moisan, C., Chevalet, P., Ould-

- Aoudia, V. & Berrut, G. 2011, "Modalities of hospitalization in emergency of institutionalized patients", *Geriatric et psychologie neuropsychiatrie du vieillissement*, vol. 9, no. 4, pp. 409-415.
- Lexell, J., Henriksson-Larsen, K., Winblad, B. & Sjostrom, M. 1983, "Distribution of different fiber types in human skeletal muscles: effects of aging studied in whole muscle cross sections", *Muscle & nerve*, vol. 6, no. 8, pp. 588-595.
- Lim, S.C., Doshi, V., Castasus, B., Lim, J.K. & Mamun, K. 2006, "Factors causing delay in discharge of elderly patients in an acute care hospital", *Annals of the Academy of Medicine, Singapore*, vol. 35, no. 1, pp. 27-32.
- Lubitz, J., Cai, L., Kramarow, E. & Lentzner, H. 2003, "Health, life expectancy, and health care spending among the elderly", *The New England journal of medicine*, vol. 349, no. 11, pp. 1048-1055.
- Luna-Heredia, E., Martin-Pena, G. & Ruiz-Galiana, J. 2005, "Handgrip dynamometry in healthy adults", *Clinical nutrition (Edinburgh, Scotland)*, vol. 24, no. 2, pp. 250-258.
- Maire, J., Faillenot-Maire, A.F., Grange, C., Dugue, B., Tordi, N., Parratte, B. & Rouillon, J.D. 2004, "A specific arm-interval exercise program could improve the health status and walking ability of elderly patients after total hip arthroplasty: a pilot study", *Journal of rehabilitation medicine : official journal of the UEMS European Board of Physical and Rehabilitation Medicine*, vol. 36, no. 2, pp. 92-94.
- Majeed, M.U., Williams, D.T., Pollock, R., Amir, F., Liam, M., Foong, K.S. & Whitaker, C.J. 2012, "Delay in discharge and its impact on unnecessary hospital bed occupancy", *BMC health services research*, vol. 12, pp. 410-6963-12-410.
- Mancini, D.M., Henson, D., La Manca, J., Donchez, L. & Levine, S. 1995, "Benefit of selective respiratory muscle training on exercise capacity in patients with chronic congestive heart failure", *Circulation*, vol. 91, no. 2, pp. 320-329.
- Marin, G.H., Homar, C., Cañas, M., Ylarri, E., Pena, D. & Trebucq, H. 2010, "Utilización de medicamentos en ancianos institucionalizados en una Ciudad de la Provincia de Buenos Aires, Argentina", *Latin American Journal of Pharmacy*, vol. 29.

- Mayer, F., Scharhag-Rosenberger, F., Carlsohn, A., Cassel, M., Muller, S. & Scharhag, J. 2011, "The intensity and effects of strength training in the elderly", *Deutsches Arzteblatt international*, vol. 108, no. 21, pp. 359-364.
- Morley, J.E., Baumgartner, R.N., Roubenoff, R., Mayer, J. & Nair, K.S. 2001, "Sarcopenia", *The Journal of laboratory and clinical medicine*, vol. 137, no. 4, pp. 231-243.
- Newman, A.B., Kupelian, V., Visser, M., Simonsick, E.M., Goodpaster, B.H., Kritchevsky, S.B., Tylavsky, F.A., Rubin, S.M. & Harris, T.B. 2006, "Strength, but not muscle mass, is associated with mortality in the health, aging and body composition study cohort", *The journals of gerontology. Series A, Biological sciences and medical sciences*, vol. 61, no. 1, pp. 72-77.
- Newman, A.B., Lee, J.S., Visser, M., Goodpaster, B.H., Kritchevsky, S.B., Tylavsky, F.A., Nevitt, M. & Harris, T.B. 2005, "Weight change and the conservation of lean mass in old age: the Health, Aging and Body Composition Study", *The American Journal of Clinical Nutrition*, vol. 82, no. 4, pp. 872-8; quiz 915-6.
- Peterson, D.D., Pack, A.I., Silage, D.A. & Fishman, A.P. 1981, "Effects of aging on ventilatory and occlusion pressure responses to hypoxia and hypercapnia", *The American Review of Respiratory Disease*, vol. 124, no. 4, pp. 387-391.
- Rantanen, T., Avlund, K., Suominen, H., Schroll, M., Frandin, K. & Pertti, E. 2002, "Muscle strength as a predictor of onset of ADL dependence in people aged 75 years", *Aging clinical and experimental research*, vol. 14, no. 3 Suppl, pp. 10-15.
- Rantanen, T., Harris, T., Leveille, S.G., Visser, M., Foley, D., Masaki, K. & Guralnik, J.M. 2000, "Muscle strength and body mass index as long-term predictors of mortality in initially healthy men", *The journals of gerontology. Series A, Biological sciences and medical sciences*, vol. 55, no. 3, pp. M168-73.
- Reeves, N.D., Narici, M.V. & Maganaris, C.N. 2004, "Effect of resistance training on skeletal muscle-specific force in elderly humans", *Journal of applied physiology (Bethesda, Md.: 1985)*, vol. 96, no. 3, pp. 885-892.

Reeves, N.D., Narici, M.V. & Maganaris, C.N. 2006, "Myotendinous plasticity to ageing and resistance exercise in humans", *Experimental physiology*, vol. 91, no. 3, pp. 483-498.

Scherer, T.A., Spengler, C.M., Owassapian, D., Imhof, E. & Boutellier, U. 2000, "Respiratory muscle endurance training in chronic obstructive pulmonary disease: impact on exercise capacity, dyspnea, and quality of life", *American journal of respiratory and critical care medicine*, vol. 162, no. 5, pp. 1709-1714.

Sharma, G. & Goodwin, J. 2006, "Effect of aging on respiratory system physiology and immunology", *Clinical interventions in aging*, vol. 1, no. 3, pp. 253-260.

Smee, D.J., Anson, J.M., Waddington, G.S. & Berry, H.L. 2012, "Association between Physical Functionality and Falls Risk in Community-Living Older Adults", *Current gerontology and geriatrics research*, vol. 2012, pp. 864516.

Sturdy, G. et al., 2003. Feasibility of High-Intensity, Interval Based Respiratory Muscle Training in COPD. *Chest*, 123, pp.142-50.

Suetta, C., Magnusson, S.P., Rosted, A., Aagaard, P., Jakobsen, A.K., Larsen, L.H., Duus, B. & Kjaer, M. 2004, "Resistance training in the early postoperative phase reduces hospitalization and leads to muscle hypertrophy in elderly hip surgery patients--a controlled, randomized study", *Journal of the American Geriatrics Society*, vol. 52, no. 12, pp. 2016-2022.

Tilson, J.K., Sullivan, K.J., Cen, S.Y., Rose, D.K., Koradia, C.H., Azen, S.P., Duncan, P.W. & Locomotor Experience Applied Post Stroke (LEAPS) Investigative Team 2010, "Meaningful gait speed improvement during the first 60 days poststroke: minimal clinically important difference", *Physical Therapy*, vol. 90, no. 2, pp. 196-208.

Turner, J.M., Mead, J. & Wohl, M.E. 1968, "Elasticity of human lungs in relation to age", *Journal of applied physiology*, vol. 25, no. 6, pp. 664-671.

Tyson, S. & Connell, L. 2009, "The psychometric properties and clinical utility of measures of walking and mobility in neurological conditions: a systematic review", *Clinical rehabilitation*, vol. 23, no. 11, pp. 1018-1033.

van Hedel, H.J., Dietz, V. & Curt, A. 2007, "Assessment of walking speed and distance in subjects with an incomplete spinal cord injury", *Neurorehabilitation and neural repair*, vol. 21, no. 4, pp. 295-301.

Vaitkevicius, P.V., Ebersold, C., Shah, M.S., Gill, N.S., Katz, R.L., Narrett, M.J., Applebaum, G.E., Parrish, S.M., O'Connor, F.C. & Fleg, J.L. 2002, "Effects of aerobic exercise training in community-based subjects aged 80 and older: a pilot study", *Journal of the American Geriatrics Society*, vol. 50, no. 12, pp. 2009-2013.

Verges, S., Flore, P., Nantermoz, G., Lafaix, P.A. & Wuyam, B. 2009, "Respiratory muscle training in athletes with spinal cord injury", *International Journal of Sports Medicine*, vol. 30, no. 7, pp. 526-532.

Watsford, M. & Murphy, A. 2008, "The effects of respiratory-muscle training on exercise in older women", *Journal of Aging and Physical Activity*, vol. 16, no. 3, pp. 245-260.

Watsford, M.L., Murphy, A.J. & Pine, M.J. 2007, "The effects of ageing on respiratory muscle function and performance in older adults", *Journal of science and medicine in sport / Sports Medicine Australia*, vol. 10, no. 1, pp. 36-44.

Yoshimura, N., Oka, H., Muraki, S., Akune, T., Hirabayashi, N., Matsuda, S., Nojiri, T., Hatanaka, K., Ishimoto, Y., Nagata, K., Yoshida, M., Tokimura, F., Kawaguchi, H. & Nakamura, K. 2011, "Reference values for hand grip strength, muscle mass, walking time, and one-leg standing time as indices for locomotive syndrome and associated disability: the second survey of the ROAD study", *Journal of orthopaedic science : official journal of the Japanese Orthopaedic Association*, vol. 16, no. 6, pp. 768-777.

ANEXOS

7. ANEXOS

ANEXO 1. CONSENTIMIENTO INFORMADO GRUPO ENTRENADO



UNIVERSITAT DE VALÈNCIA –ESTUDI GENERAL FACULTAT DE FISIOTERÀPIA

A través de este Consentimiento Informado se le explica en qué consiste y las condiciones en que se llevará a cabo este proyecto de investigación informado favorablemente por el Comité Ético de Investigación en Humanos de la *Universitat de València* (03/02/2012) y que es parcialmente financiado por el *Vicerrectorat d'Investigació i Política Científica de la Universitat de València*.

OBJETIVO: evaluar los efectos del entrenamiento de la musculatura respiratoria, mediante el equipo *Threshold*[®] IMT, en la función de la musculatura respiratoria, la capacidad de esfuerzo y la calidad de vida en la persona anciana institucionalizada con importante limitación funcional, que le impide realizar de forma autónoma las actividades de la vida diaria (p.ej.: caminar, transferirse, etc.).

DURACIÓN: aproximadamente 12 semanas: 1 semana de reclutamiento, 2 semanas de familiarización, 1 exploración inicial y 8 semanas de entrenamiento).

PROCEDIMIENTOS en los que se pedirá su colaboración:

1. **Exploración funcional respiratoria.** La espirometría, así como el conjunto de pruebas para valorar la musculatura respiratoria, son estudios indoloros, que con frecuencia se realizan en laboratorios de exploración a pacientes de diferentes edades.
2. **Pruebas para medir la capacidad de esfuerzo.**
3. **Cumplimentación de encuestas.**
4. **Realización de un protocolo de entrenamiento** mediante un dispositivo comúnmente utilizado en pacientes cardiorrespiratorios, neurológicos, etc.

Momentos temporales de medición: semanas 1^a, 4^a, 9^a y 13^a.

Posibles **BENEFICIOS** derivados de su participación:

1. Mejora de la fuerza y la resistencia de la musculatura respiratoria.
2. Mejora de la capacidad funcional respiratoria.
3. Mejora de la capacidad de esfuerzo.
4. Descenso de la sensación de falta de aire (disnea) que acompaña a determinadas actividades de la vida diaria (caminar, arreglarse, etc.).
5. Mejora de algunos parámetros relacionados con la calidad de vida.

Posibles **MOLESTIAS**: cansancio propio del aprendizaje de una nueva forma de respirar y/o de la realización de las pruebas funcionales respiratorias y de capacidad esfuerzo (por ejemplo: agujetas).

La **PARTICIPACIÓN** en este proyecto de investigación es **VOLUNTARIA** y **GRATUITA**. Usted puede rehusar participar en el programa de entrenamiento en cualquier momento, notificándolo por escrito, y sin perjuicios para su salud, ni en el trato con los profesionales sanitarios que le asisten.

CONFIDENCIALIDAD

Los investigadores de este proyecto mantendrán en la más estricta confidencialidad la información y los datos recogidos durante el estudio. Los registros obtenidos durante la investigación se mantendrán guardados en un ordenador con clave de acceso en un despacho de la *Facultat de Fisioteràpia* de la *Universitat de València*, al que solo tendrá acceso el personal investigador. Los resultados de este estudio pueden ser publicados y/o presentados en reuniones de carácter científico sin hacer alusión alguna a los datos identificativos de los participantes.

Mediante una firma en las líneas que siguen, usted confirma que ha leído o que se le ha leído este documento. También confirma que ha dispuesto del tiempo necesario para realizar preguntas y hablar sobre su participación con el personal investigador.

Usted elige libre y voluntariamente estar en este proyecto de investigación.

NOMBRE Y APELLIDOS, FIRMA DEL PARTICIPANTE

Fecha

FIRMA DEL INVESTIGADOR

Fecha

NOMBRE Y APELLIDOS, FIRMA DEL TESTIGO (si procede e indicando la relación con el participante) Fecha

ANEXO 2. CONSENTIMIENTO INFORMADO GRUPO CONTROL



UNIVERSITAT DE VALÈNCIA –ESTUDI GENERAL FACULTAT DE FISIOTERÀPIA

A través de este Consentimiento Informado se le explica en qué consiste y las condiciones en que se llevará a cabo este proyecto de investigación informado favorablemente por el Comité Ético de Investigación en Humanos de la *Universitat de València* (03/02/2012) y que es parcialmente financiado por el *Vicerectorat d'Investigació i Política Científica de la Universitat de València*.

OBJETIVO: valorar la evolución de la función de la musculatura respiratoria, la capacidad de esfuerzo y la calidad de vida en la persona anciana institucionalizada con importante limitación funcional, que le impide realizar de forma autónoma las actividades de la vida diaria (p.ej.: caminar, transferirse, etc.).

DURACIÓN: aproximadamente 12 semanas.

PROCEDIMIENTOS en los que se pedirá su colaboración:

5. **Exploración funcional respiratoria.** La espirometría, así como el conjunto de pruebas para valorar la musculatura respiratoria, son estudios indoloros, que con frecuencia se realizan en laboratorios de exploración a pacientes de diferentes edades.
6. **Pruebas para medir la capacidad de esfuerzo.**
7. **Cumplimentación de encuestas.**

Momentos temporales de medición: semanas 1^a, 4^a, 9^a y 13^a.

Posibles **BENEFICIOS** derivados de su participación:

6. Valoración y seguimiento de la función de la musculatura respiratoria, la capacidad de esfuerzo y la calidad de vida.
7. Estudio y recomendación de actuaciones encaminadas a la mejora de la función respiratoria y cardiovascular, así como de la calidad de vida.

Posibles **MOLESTIAS:** cansancio propio de la realización de las pruebas funcionales respiratorias y de capacidad esfuerzo (por ejemplo: agujetas).

La **PARTICIPACIÓN** en este proyecto de investigación es **VOLUNTARIA** y **GRATUITA**. Usted puede rehusar participar en el protocolo de valoraciones en cualquier momento, notificándolo por escrito, y sin perjuicios para su salud, ni en el trato con los profesionales sanitarios que le asisten.

CONFIDENCIALIDAD

Los investigadores de este proyecto mantendrán en la más estricta confidencialidad la información y los datos recogidos durante el estudio. Los registros obtenidos durante la investigación se mantendrán guardados en un ordenador con clave de acceso en un despacho de la *Facultat de Fisioteràpia* de la *Universitat de València*, al que solo tendrá acceso el personal investigador. Los resultados de este estudio pueden ser publicados y/o presentados en reuniones de carácter científico sin hacer alusión alguna a los datos identificativos de los participantes.

Mediante una firma en las líneas que siguen, usted confirma que ha leído o que se le ha leído este documento. También confirma que ha dispuesto del tiempo necesario para realizar preguntas y hablar sobre su participación con el personal investigador.

Usted elige libre y voluntariamente estar en este proyecto de investigación.

NOMBRE Y APELLIDOS, FIRMA DEL PARTICIPANTE Fecha

FIRMA DEL INVESTIGADOR Fecha

NOMBRE Y APELLIDOS, FIRMA DEL TESTIGO (si procede e indicando la relación con el participante) Fecha

Persona de contacto:

Maria dels Àngels Cebrià i Iranzo

Profesora colaboradora

Departament de Fisioteràpia. Universitat de València

C/Gascó Oliag, 5. 46010 Valencia

Teléfono: 96 398 38 55 (extensión: 51233)

ANEXO 3. HOJA DE RECOGIDA DE DATOS

Nombre	Primer apellido	Segundo apellido	Fecha de nacimiento / años		Género
			/ /		Hombre / Mujer
Peso (Kg) * Hasta 2 decimales	Altura (cm) * Sin comas	Nivel de estudios	Profesión		Religión
		Ninguno (analfabeto) Primarios (estudios mínim) Secundarios (bachill elem) Superiores (bachill superior y estudios universitarios)	Ama de casa Asistente/a Técnico/a Universitario/a		Ateo Católico Otra religión No contesta
Nacionalidad (país - nacimiento o cultura de los padres)	Estado civil	Número de hijos	Años institución (Fecha ingreso)	¿Recibe visitas?	Residencia (calle)
	Soltero/a Casado/a Separado/a Divorciado/a Viudo/a	0 1 2 3 ... (indicar número)	0 1 2 ... (indicar nº) / /	Si / No Semanales Mensuales Anuales	R1 El Puig R2 Bétera R3 CD. Bullevar R4 Calicanto
Hábito tabáquico	Enfermedades diagnosticadas (importantes) / Medicación / Observaciones *Consultar historia clínica				
NO ha fumado nunca Años como fumador: Cigarrillos/día (*1 paquete = 20) Años como exfumador:	Problemas respiratorios: cifoescolosis, EPOC, asma,..... Problemas cardiocirculatorios: cardiopatía isquémica, hipertensión arterial, insuficiencia arterial, insuficiencia venolinfática..... Problemas endocrinológicos: diabetes, tiroides, problemas de páncreas, hipófisis, Problemas neurológicos: ACV, Parkinson, neuralgia..... Problemas musculoesqueléticos y/o articulares: artrosis, artritis, osteoporosis, hernia discal, mialgia..... Problemas para deambular __ SI __ NO, Motivo: Incapacidad física __ Temor __ limitación residencia __ Voluntad __ No tiene autorización familiar __ Otros problemas de salud:.....				
	MEC	Fecha: / / Puntuación:	Barthel	Fecha: / / Puntuación:	FUMAT
					Fecha: / / Puntuación:
Localidad de nacimiento (1ª letra para código)	Primera letra de los 2 apellidos	Día de nacimiento (dos dígitos)	Código numérico del participante (LLL00)		Grupo C, T, P
					C = Grupo Control T = Grupo Threshold

ANEXO 4. ESCALA BORG CR10

ESCALA de BORG	PUNTAJE
Nada	0
Muy, muy leve	0.5
Muy leve	1
Leve	2
Moderada	3
Algo severa	4
Severa	5
	6
Muy severa	7
	8
Muy, muy severa	9
Máxima	10

ANEXO 5. PROTOCOLO PRUEBA DE ESFUERZO MEDIANTE MANIVELA ERGOMÉTRICA

PROTOCOLO PRUEBA ESFUERZO MEDIANTE MANIVELA ERGOMÉTRICA			
NIVEL	MINUTO	Frecuencia o velocidad angular (Hz)	Potencia, cantidad de trabajo realizado por unidad de tiempo
CALENTAMIENTO	0-3	50-70 RPM	0 W
1	3-4	50-70 RPM	5W
2	4-5	50-70 RPM	5W
3	5-6	50-70 RPM	10W
4	6-7	50-70 RPM	10W
5	7-8	50-70 RPM	15W
6	8-9	50-70 RPM	15W
7	9-10	50-70 RPM	20W
8	10-11	50-70 RPM	20W
9	11-12	50-70 RPM	25W
10	12-13	50-70 RPM	25W
11	13-14	50-70 RPM	30W
12	14-15	50-70RPM	30W

SIGLAS Y SÍMBOLOS

8. SIGLAS Y SÍMBOLOS

ABVD: Actividades básicas de la vida diaria

ANOVA: Análisis de varianza

AVD: Actividades de la vida diaria

CV: Capacidad vital

CVF: Capacidad vital forzada

EV: Esperanza de vida

FC: Frecuencia cardiaca

FCmax: Frecuencia cardiaca máxima

FCsubmax: Frecuencia cardiaca submáxima

FEP: Flujo espiratorio pico

FIP: Flujo inspiratorio pico

INE: Instituto nacional de estadística

MEC: Mini Examen Cognoscitivo

MR: Musculatura respiratoria

PEmax: Presión espiratoria estática máxima

PImax: Presión inspiratoria estática máxima

Sat O₂: Saturación de oxígeno

VEMS: Volumen de aire espirado en el primer segundo

VMV: Ventilación máxima voluntaria

VO_{2MAX}: Consumo máximo de oxígeno

VT: Volumen tidal

TABLAS Y FIGURAS

9. TABLAS Y FIGURAS

	Pág.
INTRODUCCIÓN	
Figura 1.1. Evolución de la población en España (INE, 2012).....	10
Figura 1.2. Pirámides de población de España (INE, 2012).....	11
Figura 1.3. Causas de defunción en España en el año 2011 (INE, 2013).....	13
MATERIAL Y MÉTODOS	
Figura 2.1. Reclutamiento, asignación y seguimiento de la muestra analizada....	26
Figura 2.2. Manivela ergométrica Monark®.....	29
Figura 2.3. Pulsioxímetro Nellcor®.....	29
Figura 2.4. Medidor de presiones respiratorias máximas MicroRPM®.....	30
Figura 2.5. Espirómetro VIASYS®.....	31
Figura 2.6. Medidor fuerza presión manual Jamar®.....	32
Figura 2.7. Dinamómetro Microfet 2®.....	33
Figura 2.8. <i>Threshold</i> Inspiratory Muscle Trainer.....	33
Figura 2.9. Pulsómetro Polar® FT7.....	34
Figura 2.10. Prueba de 10 metros marcha.....	37
Tabla 2.1. Valores de referencia de <i>handgrip</i> en personas de más de 60 años.....	38
Tabla 2.2. Protocolo de entrenamiento interválico mediante <i>Threshold</i> ® IMT.....	42
RESULTADOS	
Tabla 3.1 Características basales de la muestra analizada en su conjunto y de los 2 grupos: porcentajes o medias (desviaciones típicas).....	47
Tabla 3.2 Resultados de la prueba con manivela ergométrica para la muestra analizada y de los 2 grupos: porcentajes o medias (desviaciones típicas).	49
Tabla 3.3 Resultados de la prueba de marcha de 10m para la muestra analizada y de los 2 grupos: porcentajes o medias (desviaciones típicas).....	50
Tabla 3.4 Valores de frecuencia cardiaca submáxima (lpm) para cada uno de los grupos y momentos temporales en que fue medida: medias (desviaciones típicas).....	52
Figura 3.1 Valores de frecuencia cardiaca submáxima para cada uno de los grupos y	

momentos temporales en que fue medida.....	53
Tabla 3.5 Valores del tiempo alcanzado para cada uno de los grupos y momentos temporales en que fue medido: medias (desviaciones típicas).	54
Figura 3.2 Tiempo total durante la prueba con manivela ergométrica para cada uno de los grupos y momentos temporales en que fue medido.....	54
Tabla 3.6 Resultados de la prueba de marcha de 10m para cada uno de los grupos y momentos temporales en que fue medida: medias (desviaciones típicas)	56
Figura 3.3 Velocidad de marcha (m/s) para cada uno de los grupos y momentos en que fue medida.....	56
Tabla 3.7. Disnea en la prueba de marcha de 10m para cada uno de los grupos y momentos temporales en que fue medida: medias (desviaciones típicas)	57
Figura 3.4. Disnea inicial para cada uno de los grupos y momentos en que fue medida.....	58
Figura 3.5. Disnea final para cada uno de los grupos y momentos temporales en que fue medida.....	58