T/50 R. 33582

UNIVERSIDAD DE SEVILLA FACULTAD DE MEDICINA BIBLIOTECA

COMPARACION ENTRE EFECTOS DEL ENTRENAMIENTO A FUERZA Y A RESISTENCIA EN PACIENTES CON ENFERMEDAD PULMONAR OBSTRUCTIVA CRONICA (EPOC).

JAVIER TORAL MARIN
HOSPITAL UNIVERSITARIO "VIRGEN DEL ROCIO"
SEVILLA

UNIVERSIDAD DE SEVILLA
NEGOCIADO DE TESIS

Queda registrado este Título de Doctor al folio 186 número 27 del libro correspondiente.

Sevilla, 13 DIC. 2000

El Jefe del Negociado,

DOCTORANDO : J. TORAL

Autor: Javier Toral Marín.

Directores: Francisco Ortega Ruiz y José Castillo Gómez.

Dirección: C/Lepanto Nº 7 1º A (SEVILLA)

Teléfono: 954902986 **C.P.:** 41003

DIRECTORES :

J. CASTILLO

F. ORTEGA

A Virginia.

AGRADECIMIENTOS:

- Al Director de esta Tesis, Dr. Francisco Ortega Ruiz, sin cuyos conocimientos, orientación, accesibilidad y capacidad de trabajo hubiese sido imposible la realización de este manuscrito.

- Al Co-director, Dr. José Castillo Gómez, por su estímulo y por haber despertado en mí el interés por la investigación.

- Al Dr. Montemayor, por su guía, sus aportaciones y por proporcionar la infraestructura necesaria para este trabajo.

- A los miembros del equipo de "Rehabilitación respiratoria", los Dres. Pilar Cejudo, Rafael Villagómez e Hildegard Sánchez, así como las A.T.S. Dña. Rosario Gualberto y Dña. María José Alvarez. Por su dedicación hacia la mejor atención a los pacientes que supera lo estrictamente profesional.

- A mis familiares por su constante apoyo y comprensión.

Indice.

Capítulo I.....***INTRODUCCION***.....1

1) Situación de la EPOC en España.....2

2) Concepto y objetivos de la rehabilitación cardiopulmonar.....6

3) Selección de pacientes.....9

4) Diseño de un programa.....10

5) Ubicación más adecuada para la rehabilitación.....13

6) Entrenamiento al ejercicio.....15

6.1. Ejercicio de extremidades inferiores.....17

6.2. Ejercicio de miembros superiores.....23

7) Modalidad de entrenamiento al ejercicio.....25

7.1. Entrenamiento a resistencia.....25

7.2. Entrenamiento a fuerza.....27

Capítulo II.....***HIPOTESIS Y OBJETIVOS***.....32

Capítulo III.....***MATERIAL Y METODO***.....35

Capítulo IV.....***RESULTADOS***.....53

TABLAS Y FIGURAS.....79

ANEXOS.....130

Capítulo V.....***DISCUSION***.....143

Capítulo VI.....***CONCLUSIONES***.....174

Capítulo VII.....***RESUMEN***.....177

Capítulo VIII.....***BIBLIOGRAFIA***.....184

Capítulo I: Introducción.

1. Situación actual de la EPOC en España.

La Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica (EPOC) es actualmente una de las patologías que mayores recursos sanitarios consume. Provoca una elevada morbilidad y mortalidad y por ello representa para el Neumólogo una parte muy importante de su trabajo diario. Actualmente vivimos unos momentos en los que el incremento del gasto sanitario obliga a su racionalización y esto significa, entre otras cosas, cambiar los esquemas habitualmente utilizados en el manejo de los pacientes con enfermedades crónicas como la EPOC.

Hay que considerarlos de un modo más integral y tener en cuenta no sólo su sintomatología clínica, sino también las circunstancias externas y la exigencias en que se desenvuelven los pacientes dentro de esta sociedad.

Nuestro deber como médicos es, no sólo alargarles la supervivencia, sino también tratar de mejorar su calidad de vida de un modo más satisfactorio. Permitirles aumentar su grado de autonomía e independencia, y a ser posible buscar alternativas diferentes al exceso de medicación[1].

En nuestro país la prevalencia de la EPOC está entre el 2,5 y 3,5 % de la población adulta, ascendiendo al 19 % en los mayores de 65 años. Como consecuencia de esta prevalencia en España se generan 38.000 visitas y más de 3200 ingresos hospitalarios por millón de habitantes. Es la cuarta causa de mortalidad, con una tasa de 33 por 100.000 habitantes, que se eleva a 176 por 100.000 en los mayores de 75 años[2]. El Gabinete de Estudios Sociológicos Bernard Krief conjuntamente con una serie de expertos, publicó en 1995 una monografía sobre el impacto social y económico de la

EPOC en España[3]. La estimación de costes derivados de la EPOC en nuestro país en 1994 era, aproximadamente, de unas 140.000.000.000 pesetas (tabla 1), correspondiendo un 65 % a costes indirectos y un 35 % a costes directos, lo que representa un 2 % del presupuesto total de Sanidad y un 0,25 % del Producto Interior Bruto (P.I.B.).

Tabla 1. Impacto económico de la EPOC en España durante 1994.

CATEGORIA	COSTES	%
Costes Ambulatorios:		
- Personal Sanitario	5.996.366.187 Pts	4,3%
- Técnicas Diagnósticas	4.318.803.774 Pts	3,1%
- Farmacia	15.116.824.611 Pts	10,9%
- Oxigenoterapia	5.216.743.104 Pts	3,7%
Costes Hospitalarios:		
- Urgencias	1.342.511.286 Pts	1%
- Hospitalización	16.029.000.0 Pts	11,5%
- Trasplante Pulmonar	101.250.000 Pts	0,1%
Costes Indirectos:		
- Mortalidad Prematura	2.397.391.601 Pts	1,7%
- Incapacidad Laboral	30.466.186.358 Pts	21,9%
- Invalidez	58.221.559.950 Pts	41,8%
TOTAL	**139.206.636.871 Pts**	**100%**

Los costes económicos de la EPOC, si no se reduce su prevalencia con medidas efectivas, como una adecuada lucha antitabaco y un diagnóstico precoz, pueden incrementarse hasta extremos no previsibles.

Los nuevos broncodilatadores, la aceptación de los corticoides inhalados como una terapéutica más apropiada que los sistémicos, los

nuevos antibióticos, las posibles ventajas de la ventilación no invasiva como terapia adyuvante a la oxigenoterapia o la implantación de las técnicas quirúrgicas para la reducción de volumen en pacientes enfisematosos[4 y 5] pueden estar incrementando ya las cifras anteriormente mencionadas. Sin embargo, como vemos en la tabla 1, los mayores costes de esta patología son secundarios y preferentemente debidos a la incapacidad laboral y a la invalidez que provoca.

Desde un punto de vista clínico, se trata de una patología de larga evolución con una gran morbilidad, inexorablemente progresiva e incurable. Las únicas medidas que han demostrado aumentar la supervivencia de los pacientes son el abandono del hábito tabáquico[6] y la oxigenoterapia domiciliaria correctamente aplicada[7]. Por ello la mayoría de los tratamientos disponibles van dirigidos a reducir la sintomatología, paliar las limitaciones que la enfermedad ocasiona sobre la actividad cotidiana del sujeto y a mejorar su estado de bienestar en el amplio sentido de la palabra, superando lo estrictamente organicista.

La mejoría sintomática, especialmente de la disnea, se ha intentado conseguir por medio del tratamiento farmacológico y actualmente mediante la rehabilitación respiratoria. Es de sobra conocido que en la EPOC el grado de incapacidad no guarda relación directa con las medidas comunes de función respiratoria como el FEV1 (Volumen Espiratorio Forzado en el primer segundo), pese a su reproductibilidad y a su cualidad pronóstica sobre el paciente, y que actuaciones terapéuticas que no guardan relación con la obstrucción de la vía aérea condicionan no pocas veces que el paciente se sienta mejor e incluso con mayores niveles de autonomía en su vida diaria.

Hoy día es raro el trabajo sobre terapéutica de la EPOC que se precie que no recoja entre las variables analizadas las modificaciones en la calidad

de vida del paciente. Actualmente tienen amplia difusión dos cuestionarios que valoran específicamente la calidad de vida en la EPOC y que están validados en español, el Chronic Respiratory Questionnaire, desarrollado por Guyatt[8 y 9], y el St George´s Respiratory Questionnaire, de Jones[10]. Ambos han demostrado su eficacia para medir la calidad de vida de los pacientes con EPOC y su modificación tras el tratamiento con broncodilatadores o la rehabilitación respiratoria. Esta última se muestra como una medida eficaz para mejorar el bienestar, reducir su grado de incapacidad y todo esto sin aumentar el consumo farmacológico, ya de por sí importante en estos pacientes.

2. Concepto y objetivos de la rehabilitación cardiopulmonar.

La rehabilitación respiratoria cada vez está más reconocida como uno de los pilares en el manejo de los pacientes con Enfermedad Pulmonar severa. Uno de los inconvenientes para la aceptación de estas técnicas es su poca repercusión en las pruebas funcionales respiratorias habituales, sin embargo la persistencia de múltiples investigadores de diferentes disciplinas ha demostrado una firme evidencia de que la rehabilitación pulmonar es una opción eficaz de tratamiento para estos pacientes.

La rehabilitación debe intentar restaurar en el paciente los mayores potenciales médicos, mentales, emocionales, sociales y vocacionales que éste podría desarrollar.

Lo principal en todo programa, es que se debe tratar a cada persona de una forma individualizada y esto plantea una gran dificultad a la hora de comparar grupos de pacientes así como para diferenciar entre los efectos aislados de cada modalidad de tratamiento.

Hay establecido un consenso internacional en que la rehabilitación pulmonar es un amplio concepto terapéutico que requiere de una aproximación multidisciplinaria, el Instituto de la Salud Norteamericano la define[11] como: "Una continuidad multidisciplinaria de servicios dirigidos hacia las personas con enfermedades pulmonares y sus familias, habitualmente por un equipo interdisciplinario de especialistas, con el objetivo de alcanzar y mantener al individuo en el máximo nivel de independencia y funcionamiento dentro de la comunidad".

A pesar de las dificultades para valorar los efectos de la rehabilitación y de la falta de mejoría en las pruebas funcionales respiratorias convencionales, diversos estudios bien controlados nos dan una fuerte

evidencia de mejorías importantes y significativas en diversos parámetros como indicamos en la tabla 2, en la resistencia al ejercicio, en la sensación de disnea y en calidad de vida.

Estudios sin grupo control sugieren incluso que la rehabilitación pulmonar disminuye los días de estancia hospitalaria así como el número de ingresos de los pacientes con EPOC[12 y 13]. En un estudio con 44 pacientes seguidos durante un periodo de 4 años, Hudson et al[12] apreciaron una reducción significativa en el número de días de hospitalización por año, que pasó de 529 previos al tratamiento a 145, 270, 278 y 207 días durante los 4 años siguientes.

En estudios controlados, el impacto de la rehabilitación sobre las necesidades de hospitalización está menos claramente establecido. Jensen comprobó una disminución de las necesidades de hospitalización, durante 6 meses, en un grupo de pacientes usando un grupo control[13]. Sin embargo, Ries y colaboradores[14] solamente encontraron una reducción modesta y no significativa en los días de hospitalización para el grupo tratado. También se consiguió una mejoría no significativa de la supervivencia a 1 año respecto a la de los controles (67% versus 56%).

De un modo global los objetivos de la rehabilitación cardiopulmonar, como hemos indicado previamente, son:

(1) Controlar, aliviar y a ser posible revertir los síntomas.

(2) Mejorar la calidad de vida.

(3) Reducir el número de ingresos hospitalarios y aumentar la supervivencia.

En un sentido práctico la rehabilitación pretende una aplicación racional, desde un enfoque multidisciplinario, de un programa estructurado de tratamiento sobre los pacientes.

Tabla 2.

Beneficio	Referencias	Efecto	Grado de evidencia*
Resistencia al ejercicio	15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26 y 14	Importante y significativa mejoría	I
Capacidad de esfuerzo (Watios o VO_2)	18, 19, 27 y 26	Modesta mejoría	I
Cambios bioquímicos y enzimáticos	28 y 29	Controvertidos	I, II
Disnea	18, 30, 21, 23, 27, 25, 14, 31 y 26	Mejorías importantes y significativas	I
Calidad de vida	19, 14, 26 y 32	Mejoría	I
Gasto sanitario	12, 13 y 14	Ahorro	III

*Grado I: Evidencia obtenida de al menos un estudio bien diseñado, randomizado y con grupo control.

Grado II: Evidencia obtenida de al menos uno bien diseñado y con grupo control, pero sin randomización.

Grado III: Evidencia obtenida sin grupo control.

3. Selección de pacientes.

Aunque cualquier paciente sintomático de una enfermedad respiratoria es candidato potencial a la rehabilitación es preferible escoger a aquellos con una limitación significativa. Parece razonable que los pacientes con mínimas limitaciones funcionales obtendrían escaso beneficio de un programa destinado a mejorar su situación, además de no justificar los gastos económicos ni los esfuerzos que se requieren.

No se debe caer en el error de pensar que los pacientes con enfermedad avanzada, incluso los que están en espera de un transplante pulmonar, no se beneficiarían. Está demostrado que pueden alcanzar una importante mejoría funcional y de su resistencia al ejercicio[33, 34 y 35].

Hay factores que pueden ensombrecer los resultados obtenidos tras un programa de rehabilitación como la presencia de enfermedades extrapulmonares (insuficiencia cardiaca severa, artritis etc.), un muy bajo nivel educacional, la falta de soporte emocional y sobre todo la poca motivación del paciente[36 y 24].

4. Diseño de un programa.

El concepto de rehabilitación, partiendo de su propia definición resulta muy heterogéneo. Cada grupo de trabajo aplica un diseño con diferentes características y además utiliza varias técnicas potencialmente útiles de forma conjunta, lo que hace muy difícil extraer conclusiones prácticas a la hora de recomendar un programa concreto.

Se requiere un coordinador para las diferentes partes que englobe el programa de rehabilitación. De forma general, se debe enseñar a los pacientes en lo referente a su enfermedad, sobre las diversas posibilidades de tratamiento médico e incitarles reiteradamente al abandono del tabaquismo[37 y 38]. Resulta sencillo y aconsejable explicarles técnicas de relajación, de respiración diafragmática y de drenaje postural de secreciones.

El entrenamiento específico de la musculatura respiratoria, se ha incluido en algunos programas de rehabilitación con una utilidad debatida. En un metaanálisis[39] donde se analizaron los resultados de 17 trabajos concluyen con que hay poca evidencia de un beneficio clínico, aunque hay que tener en cuenta que en algunos trabajos no controlan el patrón respiratorio que adoptan los pacientes durante el entrenamiento y éste puede ser un factor importante para su utilidad.

La educación del paciente y de su familia frecuentemente permite una mayor cooperación y cumplimiento del tratamiento, siendo éste un punto frecuentemente descuidado por consumir gran cantidad de tiempo, a menudo no disponible en una consulta habitual.

La intervención sobre el estado nutricional también se ha mostrado eficaz en mejorar la fuerza de la musculatura respiratoria y periférica, así

como el rendimiento en el ejercicio[40 y 41] en aquellos pacientes con signos de malnutrición.

En todo programa de rehabilitación de pacientes con EPOC debe incluirse un programa de entrenamiento al ejercicio y de optimización de las actividades cotidianas (simplificación del trabajo o conservación de energía). Es conveniente la valoración psicológica y la terapia ocupacional de los pacientes[36 y 42].

Algunas modalidades de tratamiento han demostrado prolongar la supervivencia de los EPOC (el abandono del tabaquismo y la oxigenoterapia[7 y 43]) y otras han logrado reducir el progresivo declinar en la función pulmonar (el abandono del tabaquismo[44 y 45]).

Aunque se continúa debatiendo el mecanismo por el cual la rehabilitación es eficaz, obviamente debe mejorar la calidad de vida de los pacientes y su capacidad para completar actividades de la vida cotidiana[16, 46 y 22].

A pesar de los diferentes diseños de los estudios publicados, hay un consenso y una evidencia (tabla 2) de que el entrenamiento al ejercicio es actualmente la piedra clave en los programas de rehabilitación y que se asocia esencialmente a una mejoría en la resistencia para realizar un esfuerzo submáximo, en la sensación de disnea experimentada por el paciente y en la calidad de vida.

Queda todavía sin resolver la cuestión de si los ejercicios se deben realizar con oxígeno suplementario o no. La función muscular de los pacientes EPOC sometidos a una hipoxemia crónica y mantenida se encuentra deteriorada[29 y 47]. Además, se han demostrado mejorías significativas en cuanto al rendimiento en el ejercicio y el metabolismo muscular oxidativo[48] como efecto agudo tras la implantación de oxígeno suplementario a estos pacientes. Entrenar durante 10 semanas con oxígeno

suplementario no aporta ningún efecto adicional al entrenamiento realizado de forma aislada[49]. Sin embargo, en sujetos sanos es bien conocido que el entrenamiento en condiciones hipobáricas consigue un mayor incremento en las enzimas oxidativas y en la resistencia al ejercicio, sugiriendo que la hipoxemia transitoria es incluso un estímulo adicional al ejercicio[50]. Esto contrasta con la idea convencional de aportar oxígeno suplementario a los pacientes con EPOC severo que se ejerciten a altas cargas.

5. Ubicación más adecuada para la rehabilitación.

La decisión de realizar un programa intra o extrahospitalario dependerá de la financiación económica, del personal disponible y del número de pacientes a rehabilitar. Lo ideal, en principio, sería un periodo inicial de hospitalización, que permitiera al paciente iniciar el programa mientras se recupera de una agudización, y un periodo extrahospitalario para completarlo.

Goldstein[19] realizó su programa con una fase inicial intrahospitalaria de 2 meses y otra fase posterior extrahospitalaria de 4 meses, obteniendo mejorías similares a las de otros programas íntegramente extrahospitalarios.

En el trabajo de Cambach[51], obtienen similares resultados en la distancia caminada en los test de paseo y en los calidad de vida utilizando programas de rehabilitación comunitarios, que en los realizados de forma ambulatoria en consultas del hospital. Sin embargo, hay que señalar que sólo un tercio de los pacientes tenían EPOC, siendo los restantes dos tercios asmáticos. Analizando estadísticamente a los EPOC de forma independiente, se comprueba que estos sólo tenían mejorías discretas en la distancia caminada.

Recientemente se esta poniendo de manifiesto la importancia de programas domiciliarios[26 y 52] que den continuidad a la rehabilitación y que consigan mantener las ganancias alcanzadas al máximo nivel. Strijbos[52] encontró mejorías similares en el rendimiento al ejercicio y en la disnea entre pacientes sometidos a un programa de ejercicios hospitalario y en los que realizaban un programa domiciliario, que además en ambos casos eran significativas respecto a las diferencias obtenidas con un grupo control. Incluso los beneficios eran mejor mantenidos en el grupo que realizaba el

programa domiciliario. Sin embargo, Wijkstra[53], perteneciente al mismo equipo de investigación que Strijbos no demostró tales beneficios en un programa domiciliario y tampoco comprobó una mejoría en la distancia caminada tras el programa domiciliario. No obstante, hay que reseñar que se trató de un estudio piloto y con pocos pacientes como para extraer conclusiones definitivas.

Clark[54] optó por entrenar a los pacientes mediante un programa domiciliario, supervisado una vez por semana en el hospital. Este programa se asoció con mejorías significativas en la distancia caminada y en los equivalentes ventilatorios para oxígeno y dióxido de carbono (VO_2/VE y VCO_2/VE). Estos datos sugieren que es conveniente combinar un programa ambulatorio y un programa domiciliario para mantener los efectos del entrenamiento.

6. Entrenamiento al ejercicio.

La eficacia del entrenamiento al ejercicio está relacionada a las leyes generales de la fisiología del deporte[55]:

1. La especificidad del entrenamiento. La mejoría del rendimiento muscular obtenida es específica para el ejercicio practicado.
2. La intensidad del ejercicio, que establece que únicamente una carga mayor que la basal induce un efecto entrenamiento.
3. La reversibilidad del efecto entrenamiento, que establece que una vez suspendidos los ejercicios dicho efecto alcanzado desaparece.

En sujetos sanos la intensidad del entrenamiento suele controlase por la frecuencia cardiaca, como un porcentaje de la frecuencia máxima teórica para ese individuo (60-90 % de la frecuencia máxima predicha), o entrenando a un porcentaje del consumo máximo de oxígeno (50 al 80 % del predicho). Esta intensidad debe mantenerse durante 20 a 45 minutos y repetirse entre 3 y 5 veces por semana[55]. El entrenamiento realizado de este modo permite sobrepasar el umbral anaeróbico y con ello se alcanza el metabolismo anaerobio en el músculo. Los programas de ejercicio realizados siguiendo estas premisas han demostrado aumentar el rendimiento máximo durante el esfuerzo, producir adaptaciones en la musculatura periférica y mejorar la función cardiaca[56].

A la hora de llevar todo esto al terreno de los pacientes con EPOC[57], durante muchos años se argumentó que sólo podían alcanzar una intensidad de entrenamiento muy pequeña e insuficiente para crear adaptaciones en la musculatura periférica. Los datos de Belman y Kendrigan[28] fueron los principales soportes de esta teoría, ya que en su estudio no encontraban

cambios a nivel enzimático muscular tras el entrenamiento, sin embargo hay que reseñar que su programa probablemente era de muy baja intensidad. En la fase inicial de su programa los pacientes entrenaban únicamente a un 35% de su carga máxima.

Gracias a los trabajos de Casalburi y colaboradores[58 y 59] se obtuvieron notables progresos. Demostraron que el metabolismo anaerobio estaba presente en los pacientes con EPOC, e incluso demostraron un inicio precoz de la acidosis láctica en el ejercicio realizado por esos enfermos[59, 60 y 29]. Además, las mejorías de mayor magnitud en el ejercicio máximo y submáximo las consiguieron entrenando los pacientes a altas cargas (70 % de la máxima), frente a los que entrenaron a una carga menor (30 % del máximo). Encontraron reducciones significativas en la ventilación/minuto y en los niveles de lactato para una misma carga, lo que supone una fuerte evidencia de mejoría del metabolismo aeróbico.

Poco se conoce sobre la duración más adecuada de los programas de rehabilitación, ni acerca de la persistencia de los efectos logrados. Lo que sí se conoce es su reversibilidad. Este desentrenamiento es lento en personas sanas[55] tras parar la realización de ejercicio habitualmente.

Recientemente dos trabajos han estudiado la persistencia de los efectos del entrenamiento en los pacientes con EPOC. En el trabajo de Wijkstra[53], un programa intensivo de 12 semanas se siguió de dos frecuencias de entrenamiento, unos pacientes 1 vez por semana y otro grupo 1 vez al mes. La tendencia fue una reducción en ambas de la distancia que caminaban tras 18 meses, pero sorprendentemente no hubo diferencias significativas entre las dos frecuencias de entrenamiento mencionadas.

En el estudio de Ries[14], tras un entrenamiento intensivo de 2 meses, los pacientes pese a realizar un programa domiciliario que incluía una sesión mensual supervisada, redujeron las mejorías alcanzadas en la resistencia

sobre un tapiz rodante tras 12 y 18 meses de control (Fig I).

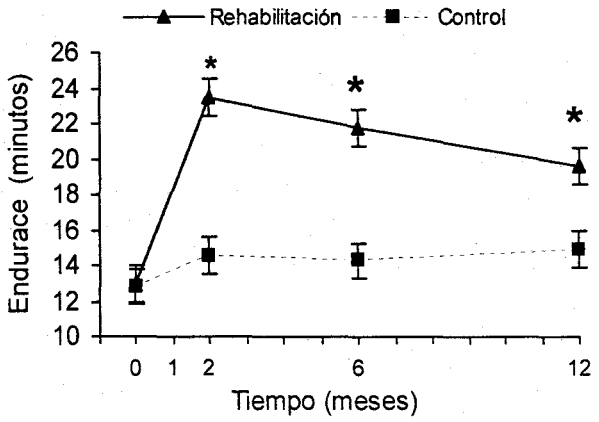


Fig.I La rehabilitación obtiene mejorí as significativas en la resistencia al ejercicio comparada con un programa educacional sin ejercicio. (* p < 0,05)

6.1. Ejercicio de extremidades inferiores.

Dos recientes trabajos han demostrado que la rehabilitación pulmonar con ejercicio físico general consigue resultados superiores, en cuanto a tolerancia al esfuerzo y a ganancia en calidad de vida, que la terapia farmacológica aplicada de manera aislada en los pacientes con EPOC sintomática.

El primero es el Goldstein et al[19], que estudió 89 pacientes que, de manera randomizada, se dividieron en un grupo entrenado 8 semanas intrahospitalariamente y luego 16 semanas de forma ambulatoria, y en otro tratado de forma convencional. Al final del estudio, los pacientes rehabilitados (n = 45), mejoraron significativamente su resistencia al ejercicio al compararlos con los controles (n = 44). Esta ganancia además se asoció con un descenso de la disnea y con una mejoría en los apartados de Control de Enfermedad y en el de la Función Emocional del cuestionario de

calidad de vida de Guyatt (CRQD).

En un segundo trabajo publicado por Wykstra y colaboradores[26] se comparaban los resultados de 12 semanas de rehabilitación en 28 pacientes con EPOC y 15 controles. Aquí la rehabilitación se desarrolló de forma domiciliaria y supervisada por personal no especializado. Tras la rehabilitación los pacientes tratados mostraron un mayor incremento en la distancia que podían caminar, la potencia máxima desarrollada medida en vatios y en el consumo máximo de oxígeno alcanzado. Así mismo, se detectó un descenso en la producción de lactato y en la percepción de disnea al compararlos con los controles.

Como hemos indicado anteriormente, el entrenamiento al ejercicio es actualmente la parte más importante de un programa de rehabilitación pulmonar. Esto se puede demostrar de un modo más contundente gracias al trabajo de Casalburi[59], que revisó 36 estudios no controlados donde evaluaban la eficacia de un programa de entrenamiento sobre el rendimiento en el ejercicio en más de 900 pacientes con EPOC. De manera casi uniforme, se pudo comprobar como el entrenamiento consiguió aumentar la resistencia al ejercicio en todos los pacientes.

Esto ha sido confirmado por al menos otros 7 estudios controlados que han demostrado que los programas que incluyen ejercicio de miembros inferiores son superiores a otras formas de tratamiento, incluyendo la optimización en la medicación, el entrenamiento de los músculos respiratorios y la terapia de grupo[18, 19, 21, 23, 25, 14 y 31].

Como vemos todos los trabajos publicados tienen en común el conseguir un aumento en la resistencia al ejercicio, un modesto pero significativo aumento en la potencia máxima o en el consumo de oxígeno máximo y una reducción en la percepción de disnea.

Quizás el más completo de los estudios es el Ries y colaboradores[14],

que randomizó 119 pacientes en un grupo tratado con consejos educacionales sobre el manejo de la EPOC (n = 62) frente a otro con consejos educacionales y entrenamiento al ejercicio (n = 57). Tras 6 meses, los pacientes entrenados aumentaron significativamente el tiempo de resistencia al ejercicio, el consumo máximo de oxígeno y mejoraron en su percepción de la disnea comparados con los controles.

La mayoría de los investigadores entrenan a sus pacientes con bicicleta o caminando, es decir con un ejercicio de resistencia y mantenido en el tiempo. Actualmente está cobrando cada vez mayor relevancia la incorporación de algunos ejercicios de fuerza, o al menos de carga con pesas. O'Hara[27] estudió a 14 pacientes con EPOC incluyéndolos en un programa domiciliario y los dividió randomizadamente en un dos grupos: uno entrenado caminando de forma diaria transportando un peso ligero (controles) y otro al que a este tipo de entrenamiento se le añadían 5 ejercicios de levantamiento de pesas para miembros superiores e inferiores. Tras el entrenamiento, los levantadores de pesas, conseguían reducir su ventilación minuto e incrementaban su resistencia al ejercicio en una bicicleta ergométrica en un 16% comparados con los controles. Este trabajo sugiere que el entrenamiento a fuerza (con ejercicios breves e intensos), obtiene resultados similares al específicamente diseñado para la resistencia y podría ser por tanto una forma alternativa de entrenamiento. En este mismo sentido debemos señalar el trabajo de Simpson y colaboradores[61] donde se estudió de forma prospectiva y randomizada a 28 pacientes con EPOC, 14 controles y 14 sometidos a un programa de rehabilitación de 8 semanas consistente en la repetición de series de pesas con 3 ejercicios de miembros superiores e inferiores. Encontró un aumento significativo de la fuerza muscular periférica, en la duración del esfuerzo submáximo en cicloergómetro y en los diferentes apartados del cuestionario de calidad de

vida del CRQD en el grupo entrenado.

Se ha sugerido que el mecanismo por el que aumenta la tolerancia al ejercicio en los pacientes con EPOC es la desensibilización a la disnea inducida por la carga ventilatoria más que un cambio bioquímico en el músculo per se. Esta teoría es avalada por el trabajo desarrollado por Belman y Kendregan[28], que estudiaron de forma randomizada a pacientes, a los que ejercitaban los miembros superiores o inferiores, tomando biopsias musculares de los miembros entrenados, antes y después del programa. A pesar del incremento significativo en la resistencia al ejercicio de los pacientes, no hubo cambios en el contenido de enzimas oxidativas del músculo entrenado, no obstante hay que decir que su programa de entrenamientos presentaba una baja intensidad.

O´Donnell[32] tras un programa de rehabilitación de 6 semanas realizado en 20 pacientes con EPOC, que actuaban en una fase previa como sus propios controles, encontró un aumento en la resistencia al ejercicio. Lo atribuye a dos posibles causas: 1.- una mejoría en la eficiencia (reducción de la pendiente en la curva de VO_2 y de VCO_2 respecto al tiempo durante una prueba de esfuerzo), o 2.- una reducción en la ventilación por minuto[62]. Esta última se basa en una reducción de la frecuencia respiratoria, que en su estudio se sitúa como la principal determinante de la reducción en la disnea de esfuerzo. Podría influir un cambio del patrón respiratorio[63], aunque no aprecian ninguna variación en el volumen tidal, o bien una mejoría del metabolismo oxidativo a nivel mitocondrial, pero al no alterarse la relación VO_2/VCO_2 , esto resultaría poco probable. Concluyen que, aunque hay una indudable influencia de factores metabólicos, la mayor parte de los mecanismos por los cuales aumenta la resistencia y tolerancia al ejercicio tras un programa de entrenamiento son desconocidos, e incluso podría atribuirse a factores no fisiológicos como un aumento de la tolerancia al

estímulo de la disnea o cambios en la percepción evocada de la misma.

Por contra Maltais et al[64] documentan un verdadero efecto entrenamiento. Estudiaron a 11 pacientes con EPOC en fase estable de su enfermedad y los sometieron a un programa de ejercicios aeróbicos en una bicicleta ergométrica a alta intensidad en sesiones de 30 minutos, 3 veces por semana durante 12 semanas. Antes y después de dicho programa se extrajeron biopsias musculares del vasto lateral derecho. Determinaron la actividad enzimática de la Lactato deshidrogenasa (LDH, EC 1.1.1.27), hexokinasa (HK, EC 2.7.1.1) fosfofructokinasa (PFK, EC 2.7.1.11), citrato sintetasa (CS, EC 4.1.3.7), y 3-hidroxiacil Co-A deshidrogenasa (HADH, EC 1.1.1.35) con técnicas espectrofotométricas. En su estudio encontraron un aumento significativo de la actividad de las enzimas responsables de la función oxidativa muscular (CS y HADH), pero no en la de las enzimas glicolíticas (LDH, HK y FFK).

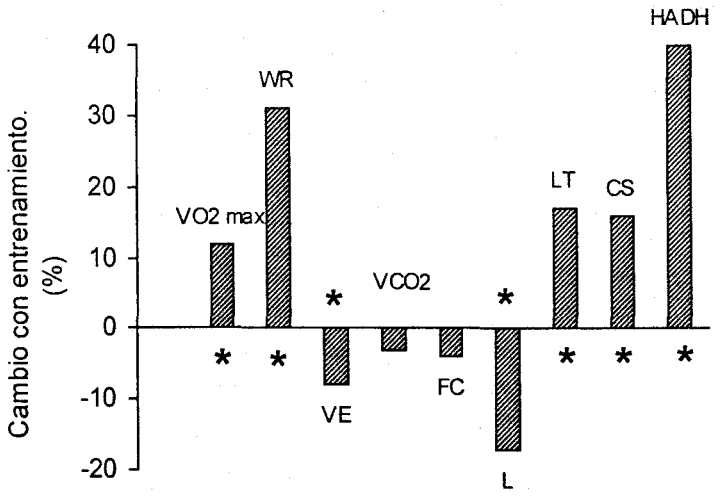


Fig.II. Cambios en la capacidad máxima de ejercicio (consumo máximo de oxígeno (VO2 max) y potencia máxima (WR)), ventilación (VE), producción de carbónico (VCO2), frecuencia cardíaca (FC) y lactato (L) a idéntica carga y umbral anaerobio (LT) tras entrenamiento con ejercicios de alta intensidad en pacientes con EPOC. Enzimas oxidativas en el músculo cuádriceps (Citrato sintetasa (CS), 3-hidroxiacetil-CoA deshidrogenasa (HADH) aumentaron significativamente (* p < 0,05) respecto a los valores basales.

En un estudio posterior Maltais[29], utilizado 9 pacientes con EPOC y 9 controles sanos, demuestran que la acidosis láctica precoz de los primeros se correlaciona con la menor actividad a nivel de las biopsias musculares de las enzimas oxidativas (CS y HADH), sin que existiesen diferencias en los niveles de actividad de las enzimas oxidativas (LDH, HK y PFK) entre ambos grupos (figura II).

El hecho de que los cambios bioquímicos se relacionan a ganancias fisiológicas está ya establecido por el trabajo de Casalburi[59], que demostró una reducción en la acidosis láctica y en la ventilación por minuto tras el entrenamiento. Estos efectos además estaban en relación a la intensidad del entrenamiento con un descenso del 12 % en la producción de lactato para un mismo nivel de esfuerzo en los entrenados con una carga pequeña y de un 32 % para los entrenados con una carga alta.

Couser et al[17] encontraron una reducción de los requerimientos ventilatorios para un trabajo similar de brazos tras un programa de ejercicios sin soporte de entrenamiento de miembros superiores.

Los datos recogidos de la literatura nos sugieren que todo paciente EPOC sintomático y con capacidad de desarrollar un ejercicio físico es candidato potencial a un programa de entrenamiento al ejercicio.

ZuWallack[65] evaluó a 50 pacientes con EPOC severa, antes y después de un programa de entrenamiento. Observó una relación inversa entre la distancia recorrida en el test de los 12 minutos y el consumo máximo de oxígeno basal y lo obtenido después del entrenamiento. Como hemos indicado incluso los pacientes en programa de trasplante logran una mejoría en la capacidad de ejercicio con el entrenamiento no alcanzada con ninguna otra forma de terapia.

6.2. Ejercicio de miembros superiores.

La mayoría de los trabajos sobre entrenamiento al ejercicio están centrados en programas dirigidos hacia los miembros inferiores, lo que no resulta una aproximación muy adecuada si tenemos en cuenta que el desarrollo de una gran cantidad de actividades cotidianas depende de la utilización de las manos y de la acción coordinada de otros grupos musculares de la parte superior del torso y de los brazos.

Además hemos de considerar que algunos de estos grupos musculares presentan una acción dual (respiratoria y postural), y por ello los ejercicios de miembros superiores reducen su capacidad para participar en la ventilación[66].

Estos hechos sugieren que si entrenamos los brazos para desarrollar mayor potencia, o si reducimos los requerimiento ventilatorios para un mismo trabajo, conseguiríamos mejorar la capacidad de desarrollar actividades cotidianas.

El ejercicio de brazos obtiene una mejoría del rendimiento que, como ya hemos indicado, es específico para las actividades entrenadas. Ries[67] estudió el efecto de dos formas de entrenamiento de brazos (frente a la resistencia de la gravedad y facilitando la activación propioceptiva neuromuscular) y los comparó con un grupo control utilizando a 45 pacientes con EPOC. Los 20 pacientes que completaron el programa mejoraron el rendimiento en los test específicamente entrenados y además presentaron una disminución en la sensación de fatiga.

Keens[68] estudió a pacientes con Fibrosis Quística, antes y después de un programa de entrenamiento consistente en natación y remo durante 1,5 horas al día, y los comparó con pacientes sometidos a entrenamiento de los

músculos respiratorios y a controles no tratados. Tras 6 semanas, la resistencia ergométrica y la capacidad ventilatoria máxima aumentaron de manera similar en los que realizaban remo y natación respecto a lo obtenido con el entrenamiento específico de los músculos respiratorios.

Celli[66] randomizó 26 pacientes con EPOC a un programa de ejercicios no soportados de brazos (11 pacientes) o a entrenamiento con una resistencia respiratoria (14 pacientes). Tras 24 sesiones, la resistencia de los miembros superiores aumentó sólo para los entrenados con ejercicios no soportados de brazos, pero no para los que utilizaban un aumento de la resistencia respiratoria. La presión máxima inspiratoria aumentó en ambos grupos.

Aunque estos estudios sugieren un posible efecto del entrenamiento de los miembros superiores en la función de los músculos respiratorios, hay otros trabajos en los que no aprecian una mejoría en el rendimiento de los músculos ventilatorios[28 y 21].

Martinez y colaboradores[69] mostraron cómo el ejercicio no soportado de brazos (contra la gravedad) permite reducir el consumo de oxígeno para una misma carga, comparado con el entrenamiento de brazos con una polea. Su conclusión fue que el ejercicio no soportado de brazos puede ser más efectivo para preparar al paciente para desarrollar sus actividades cotidianas.

7. Modalidad de entrenamiento al ejercicio.

7.1. Entrenamiento a resistencia.

Como ya hemos indicado el objetivo principal del entrenamiento al ejercicio es mejorar la calidad de vida de los pacientes con EPOC[70 y 17]. Existe una especificidad del efecto entrenamiento para la actividad entrenada, esto implica que los diferentes ejercicios deben simular actividades cotidianas de los pacientes y de esta manera mejorar su calidad de vida. En la práctica clínica es casi imposible entrenar con ejercicios similares a estas actividades. Lake[21] observó mejorías significativas en el test de los 6 minutos caminando tras entrenar miembros inferiores, pero no tras ejercitar los miembros superiores. Del mismo modo, el ejercicio de extremidades superiores mejora el rendimiento máximo en un cicloergómetro de brazos sin alterar la distancia caminada en el test de los 6 minutos.

Existe, sin embargo, una cierta transferencia de los beneficios al realizar ejercicios con musculatura similar, por ejemplo, al entrenar en bicicleta y el caminar[53 y 51] o viceversa[19].

Los protocolos son muy variados, tanto respecto al tipo de esfuerzo como a la elección de la intensidad y perfil de carga empleados. Se ha utilizado desde el ejercicio físico general y no controlado a los programas de marcha, aunque lo más frecuente ha sido el entrenamiento en tapiz rodante o en bicicleta, controlado y bajo supervisión.

En general, se realizan manteniendo un esfuerzo submáximo en el tiempo para así provocar una mejoría en la distancia recorrida y un aumento en la resistencia (endurance) del paciente. Sin embargo estos programas

tienen una serie de inconvenientes:

- Lo que caracteriza al paciente EPOC evolucionado es el uso de la musculatura accesoria de la inspiración, situada en miembros superiores. El entrenamiento con bicicleta está muy focalizado a las piernas no influyendo directamente sobre estos grupos musculares. No está demostrado que la mejoría de la endurance tras tratamiento, suponga un beneficio en los actos y actividades cotidianas del paciente[21 y 59].

- En la EPOC existe una incapacidad importante para el ejercicio debido entre otras causas a una la limitación ventilatoria que les impide alcanzar un adecuado volumen/minuto para prolongar un esfuerzo en el tiempo[17]. Estos pacientes suelen preferir y tolerar mejor los aumentos de carga a expensas de un menor número de repeticiones, que un mantenimiento de ésta de forma prolongada.

- El efecto entrenamiento logrado con bicicleta tiende a decaer, en tan sólo algunos meses, tras ser suspendidas las sesiones.

- Este tipo de entrenamiento tiene un alto coste económico requiriendo una bicicleta con opción de ajuste del trabajo que desarrolla el paciente según el máximo del que sea capaz, y a menudo sólo se puede realizar en el medio hospitalario.

7.2. Entrenamiento a fuerza.

Sólo recientemente se ha demostrado la importancia de la debilidad de la musculatura periférica en la disminución de la capacidad de ejercicio que presentan estos pacientes[71, 72 y 29].

La fuerza del cuadriceps contribuye significativamente a la distancia recorrida en el test de los 6 minutos y en el consumo máximo de oxígeno. Otro dato que nos muestra la importancia de esta debilidad muscular periférica en limitar la capacidad de ejercicio es que a pesar de las importantes diferencias en las pruebas funcionales pulmonares tras los trasplantes uni o bipulmonares, no existen diferencias significativas entre ellos en la capacidad de ejercicio[73]. Esto puede ser parcialmente explicado por la limitación que tienen estos pacientes por debilidad o disfunción muscular periférica.

Maltais[29] también observó una reducción significativa en la capacidad oxidativa de los pacientes con EPOC. Hamilton[71] tras estudiar a 4617 pacientes divididos en 5 grupos: personas sanas, con EPOC, con angina de pecho, con insuficiencia cardiaca y con patología mixta cardiorrespiratoria. Comprobó que la fuerza de los músculos periféricos, corregida para diferentes edades, sexo y altura, estaba significativamente reducida en pacientes con patología cardiaca o respiratoria crónica y demuestra que la disminución en la fuerza de estos músculos contribuye de una forma significativa a la intensidad de los síntomas e influye en la intolerancia al ejercicio de manera independiente, junto con otros factores como la incapacidad ventilatoria, circulatoria, o de intercambio de gases. Los autores del trabajo enfatizan en la necesidad de valorar la contribución de la fuerza de estos músculos en el manejo terapéutico de estos enfermos.

Gosselink[72] estudió a 41 pacientes con EPOC y realizó diversas

correlaciones entre parámetros funcionales, de esfuerzo en bicicleta y caminando y de la fuerza muscular isométrica en cuadriceps y antebrazo. Encontró una correlación significativa de la distancia caminada en el test de los 6 minutos con la fuerza muscular isométrica determinada en el cuadriceps y la presión inspiratoria máxima (PIM). Además encontró correlación del consumo máximo de oxígeno (VO_2 max) y la difusión pulmonar de CO (TL_{CO}), la fuerza isométrica del cuádriceps y el FEV1.

Nosotros como parte preliminar al presente trabajo[74] estudiamos a 23 pacientes con EPOC, a los que les medimos la fuerza muscular dinámica en una estación multigimnástica siguiendo el test del 1 RM (peso máximo que podían levantar los enfermos en una única maniobra) y valorando musculatura tanto de los miembros superiores como de los inferiores. No encontramos correlación con las pruebas funcionales respiratorias ni con la duración en minutos de un test de resistencia realizado sobre una bicicleta, en cambio sí hallamos correlaciones significativas con algunos parámetros de esfuerzo máximo (VO2 máx, VE máx y potencia máxima). Quizás lo más novedoso que añadimos a lo expuesto es la correlación positiva que también encontramos con algunos items (Fatiga y Función Emocional) en el test de calidad de vida del Chronic Questionnaire Respiratory Disease (CQRD)[8 y 9].

En definitiva se puede comprobar cómo la fuerza muscular contribuye significativamente con la capacidad de ejercicio de los pacientes, e incluso puede repercutir sobre su calidad de vida.

Sin embargo, no existen trabajos que demuestren la eficacia de entrenar a fuerza la musculatura periférica en este tipo de pacientes, aunque podría ser más eficaz que los clásicos programas a resistencia. El entrenamiento es específico para cada músculo y pretende conseguir un incremento en la fuerza máxima que puede aplicar el paciente y una reducción del tiempo necesario para conseguirlo, con el consiguiente

acortamiento del tiempo de ejecución de un trabajo. Hay que tener en cuenta que la capacidad para expresar una fuerza no depende sólo del entrenamiento realizado, sino que viene determinada en cierto modo por la constitución del individuo.

La habilidad para producir más fuerza en menos tiempo está en relación con la frecuencia de impulso que reciben las fibras musculares y va a depender del tipo de fibras de que se trate[75]. Las fibras más dotadas para estimularse con mayor frecuencia son las rápidas o de tipo II, con mayor capacidad glicolítica y por tanto en mejores condiciones de base para conseguir una fuerza más intensa y más explosiva aquellos sujetos con una mayor proporción de este tipo de fibras[76]. Las fibras de tipo I, por otra parte, presentan mayor capacidad oxidativa y son más apropiadas para desarrollar un trabajo de resistencia en condiciones aeróbicas. Hay incluso algunos estudios donde se demuestra una reducción del porcentaje de este tipo de fibras en los pacientes con EPOC[77].

Esta forma de entrenamiento se ha utilizado con buenos resultados en pacientes con enfermedades cardiovasculares donde se demuestra que un entrenamiento combinado de ejercicios aeróbicos y de levantamiento de pesas mejora, tanto la fuerza muscular como la resistencia, de forma significativamente mayor que los únicamente entrenados de forma aeróbica[78].

En ancianos[79] también hay estudios que demuestran la posibilidad de ganancia de fuerza e hipertrofia muscular tras un entrenamiento adecuado a base de pesas.

En pacientes con EPOC hay pocos trabajos publicados y se limitan a ejercicios sencillos de miembros superiores con carga mínima[17]. Hay pocas publicaciones en donde se investigue sobre el entrenamiento específico de la musculatura periférica en los pacientes con EPOC. Los más relevantes son

cuatro:

- El de Simpson[61], que estudió de forma randomizada y controlada a pacientes que realizaban series de levantamiento de pesas con cargas que iban del 50 al 85 % del peso máximo que podían levantar en ese ejercicio en una sola maniobra (1 RM). Conseguían mejorar el rendimiento de la musculatura periférica respecto al grupo control y mejoraban también la calidad de vida aunque sin cambios significativos en lo referente a la capacidad de ejercicio. Sin embargo incluye pocos pacientes, no los compara con otro grupo entrenado de manera convencional con bicicleta y no se investiga sobre la duración del efecto en el tiempo según la modalidad de entrenamiento empleada, ni tampoco se estudia lo que aportaría una forma conjunta de entrenamiento para la mejoría de la calidad de vida de estos enfermos.

- El de O´Hara[27], ya mencionado anteriormente que obtiene unos resultados positivos en la endurance respecto a los controles, pero que adolece de las mismas carencias que el de Simpson.

- El de Clark[54], que realizó un estudio randomizado y con grupo control para comprobar los efectos de entrenar con cargas bajas, tanto miembros superiores como inferiores. Consiguió una mejoría en la endurance y en la adaptación fisiológica al esfuerzo submáximo (reducción de los equivalentes ventilatorios para oxígeno y carbónico), pero no en la fuerza muscular periférica ni en la capacidad máxima de esfuerzo.

- Finalmente hemos de mencionar el de Maltais[80]. Estudiaron 45 pacientes con EPOC moderada severa y los randomizaron, dentro de un

programa de 12 semanas, en un grupo que entrenó a resistencia con bibicleta ergométrica (N = 19) y en otro que entrenó de forma mixta, a resistencia en una bicicleta ergométrica y a fuerza con ejercicios de pesas a alta carga (N = 26). Ambos grupos aumentaron la fuerza del cuadriceps (20 % versus 8 %) y del pectoral mayor (15 % versus 2 %) pero éste incremento fue mayor para los que realizaron un entrenamiento mixto. Sin embargo las mejorías logradas en parámetros de esfuerzo máximo, distancia caminada en 6 minutos y sobre todo en calidad de vida fueron similares en ambos grupos.

Por todo esto parecería útil el diseño de un programa de entrenamiento a fuerza, basado en series de levantamiento de pesas[81 y 76], para aumentar la potencia e indirectamente la resistencia muscular.

Permitiría un entrenamiento más general, al actuar tanto sobre musculatura de los miembros superiores como de los inferiores, resultaría más fisiológico para estos pacientes al ser esfuerzos más cortos y mejor soportados y abarataría los costos al poderse realizar con cualquier equipo de gimnasio convencional.

Por otra parte se desconoce la duración del efecto, una vez suspendidas las sesiones siguiendo esta modalidad de entrenamiento, que pudiera ser mayor que la lograda con la bicicleta.

Tampoco está adecuadamente aclarada la utilidad de un entrenamiento a fuerza, potenciando tanto la resistencia al ejercicio como la potencia muscular periférica, ni se han realizado estudios lo suficientemente amplios como para establecer la metodología o el equipo necesario para llevarlos a cabo.

Capítulo II: Hipótesis y objetivos.

La intención de nuestro trabajo es investigar sobre la modalidad más adecuada de entrenamiento para mejorar el bienestar de los pacientes con EPOC, y para ello estudiamos de forma prospectiva, aleatoria y randomizada a 72 pacientes con afectación moderada-severa y con repercusión clínica, es decir, disnea para la realización de sus actividades cotidianas.

Los incluimos en un programa de rehabilitación al ejercicio de 12 semanas de duración y los dividimos en cuatro grupos de 18 pacientes:

- Grupo control.
- Grupo entrenado a resistencia.
- Grupo entrenado a fuerza.
- Grupo con entrenamiento mixto (fuerza y resistencia).

Nuestra hipótesis de trabajo es que un programa de entrenamiento a fuerza puede ser más eficaz o al menos complementario del entrenamiento a endurance en la mejoría de la tolerancia al ejercicio y en el aumento de la calidad de vida de los pacientes con EPOC, además de poder perdurar más tiempo sus efectos una vez acabadas las series de ejercicios.

Nuestros objetivos fundamentales fueron:

1.- Demostrar el efecto beneficioso en la capacidad de ejercicio y en la sintomatología clínica de un programa específico de entrenamiento de la potencia muscular en pacientes con EPOC frente a los controles.

2.- Comparar el efecto del entrenamiento a fuerza con el obtenido con un programa tradicional de entrenamiento a resistencia.

3.- Comprobar la aportación del entrenamiento conjunto, a potencia y a resistencia, frente a cada uno de ellos de forma aislada.

4.- Observar la duración del efecto entrenamiento con los ejercicios de potencia frente a los de resistencia.

Capítulo III: Material y método

1. Población.

Estudiamos de forma prospectiva a 72 pacientes exfumadores y diagnosticados de EPOC siguiendo los criterios de la ATS (American Thoracic Society)[82] y de la SEPAR (Sociedad Española de Neumología y Cirugía Torácica)[83]. Se encontraban estables clínica, espirográfica y gasométricamente (en los tres meses previos no habían experimentado una exacerbación de sus síntomas respiratorios), y estaban realizando el tratamiento habitual de su enfermedad. Todos presentaban una obstrucción moderada-severa al flujo aéreo (FEV1<60%) y manifestaban disnea e incapacidad para la realización sus tareas habituales.

Se excluyeron aquellos que presentaban otras patologías cardiovasculares asociadas, enfermedades sistémicas e incapacidad o disconformidad para desarrollar ejercicios físicos. A todos los pacientes se les pidió consentimiento informado para la realización del estudio y éste fue aprobado por el comité ético de nuestro hospital.

2. Criterios de salida del estudio.

- Descompensación clínica del paciente.
- Pérdida de 3 sesiones seguidas, o de 5 discontinuas.
- Por iniciativa del paciente.

4. Diseño del entrenamiento.

De forma prospectiva, aleatoria y randomizada incluimos a 72 pacientes con EPOC en fase estable de su enfermedad en un programa de rehabilitación realizado en nuestro centro hospitalario. Las sesiones se efectuaron de forma ambulatoria durante tres meses, tres veces por semana y con una duración de 45 minutos cada una.

Previamente al comienzo de la sesión de entrenamiento propiamente dicha, todos los pacientes divididos en grupos de 5 o 6, efectuaban una tabla de calentamiento, consistente en repeticiones de 10 ejercicios de elasticidad de cuello tronco y extremidades con control de la respiración.

Posteriormente comenzaban con la modalidad de entrenamiento asignada:

Entrenamiento a Resistencia:

Los pacientes pedaleaban en una bicicleta tres veces por semana y en sesiones de 45 minutos durante 12 semanas. El cicloergómetro se mantuvo regulado a un nivel del 70% de la potencia máxima conseguida por cada paciente en el test máximo inicial y la carga se fue incrementando cada 2 semanas en función de la tolerancia.

Entrenamiento a Fuerza:

Esta modalidad de entrenamiento se practicó igualmente durante 12 semanas, tres veces por semana y en sesiones de 45 minutos. El levantamiento de pesas consistió en la realización de cuatro series de 6 repeticiones de 5 ejercicios, que incluían grandes masas musculares de miembros superiores e inferiores, utilizando una estación multigimnástica similar a las habitualmente empleadas en los gimnasios convencionales. Estos ejercicios fueron:

- Flexión de brazos (Chest pulls), con efectos sobre dorsal ancho, deltoides y biceps. Sentados frente a la torre de tracción, el paciente aproxima la barra al pecho y posteriormente, tras extensión de brazos, la devuelve a la posición inicial.

- Flexión y extensión de brazos contra resistencia (Butterfly), con efectos sobre músculos pectorales y deltoides. Sentado recto sobre el banco, con los antebrazos y los codos apoyados sobre una palanca, el paciente lleva ésta a la línea media, cediendo después lentamente hasta la posición inicial.

- Extensión de brazos (Neck press), con efectos sobre deltoides y tríceps. Sentado recto sobre el banco y sosteniendo el peso a la altura de los hombros, el paciente realiza una extensión de brazos por encima de la cabeza volviendo nuevamente, tras flexión de los brazos, a la posición inicial.

- Flexión de piernas (Leg curls), con efectos sobre bíceps crural y gemelos. Acostado en decúbito prono en el banco el paciente flexiona las piernas contra el peso.

- Extensión de piernas (Leg extension), con efectos sobre el cuadriceps. Sentado sobre el banco el paciente realiza una extensión de las piernas contra el peso.

La carga se fue incrementando progresivamente desde el 70% del peso máximo que podía levantar el paciente en una ocasión (1 RM), al principio de la semana, hasta el 85% al final de la sexta sesión. Cada dos semanas el peso máximo (1 RM) era reevaluado para ajustar la carga adecuada de entrenamiento en cada paciente.

Entrenamiento mixto:

En este grupo, la mitad del tiempo de cada sesión se dedicó a entrenamiento a fuerza, siguiendo la misma metodología pero realizando únicamente 2 series de cada ejercicio, y la otra mitad al entrenamiento a resistencia con bicicleta, empezando por uno u otro tipo aleatoriamente.

Grupo control:

Los pacientes incluidos en el grupo control se realizaron todas las pruebas establecidas y se les optimizó la atención médica convencional, pero no participaron en ningún programa de ejercicio.

3. Parámetros controlados.

A todos los pacientes se les realizó un estudio basal, que se repitió tras finalizar el entrenamiento, para objetivar las ganancias logradas en cada paciente con el mismo y así valorar su utilidad clínica y fisiológica. A los tres meses de la finalización del programa se repitieron de nuevo los controles con el fin de evaluar la persistencia de los efectos que se consiguiesen con el entrenamiento.

Nos centramos en un seguimiento de las pruebas de función pulmonar tradicionales (espirometría, volúmenes pulmonares, y gasometría arterial), parámetros de esfuerzo máximo realizado con un cicloergómetro con control de gases espiratorios, test de paseo como el Shuttle Walking Test (SWT), test de endurance o de resistencia a un esfuerzo submáximo y finalmente disnea y calidad de vida.

De forma pormenorizada estos parámetros controlados fueron:

3.1. Analítica elemental, radiografía de tórax, electrocardiograma de 12 derivaciones.

3.2. Pruebas de función pulmonar en reposo.

A todos los pacientes se les practicó un determinación basal funcional que incluía espirografía (CVF, FEV1, FEV1/CVF, MMEF), volúmenes pulmonares estáticos (FRC, RV, TLC) y gasometría arterial (pH, PaO_2 y $PaCO_2$).

Los estudios espirográficos se realizaron con un espirómetro de campana tipo Stead-Wells (Volumograph Minjhardt), previamente calibrado, con velocidad de 1200 mm/m. Se exigieron tres trazados semejantes y se tomó el mayor de ellos para los cálculos. Todos los parámetros espirográficos fueron corregidos a temperatura corporal y presión saturada de vapor de agua (BTPS). Se emplearon como tablas de normalidad las de Kamburoff et al[84] y se exigió la normativa propuesta por SEPAR[85] y por la ATS[86]. Se determinó la capacidad vital forzada (CVF), el volumen espiratorio forzado en el primer segundo (FEV1), la relación porcentual entre FEV1 y CVF (FEV1%) y el flujo máximo mesoespiratorio entre el 25 y 75% de la CVF (MMEF).

La capacidad funcional residual (FRC) se determinó pletismográficamente, como el volumen de gas intratorácico medido por el método de la interrupción[87]. Una vez establecido el valor de la FRC, la capacidad pulmonar total (TLC) se calculó sumándole la capacidad inspiratoria (IC) espirográfica. El volumen residual (RV) se estableció como la diferencia entre la TLC y CVF. Los volúmenes pulmonares estáticos también se corrigieron a BTPS y los valores de referencia utilizados fueron los de Goldman y Becklake[88].

La gasometría arterial se efectuó con muestras de sangre procedentes de la arteria radial o humeral. La medida de la PaO_2, $PaCO_2$ y pH se llevaron a cabo en un analizador de gases AVL-945 (Biomedics, Basilea, Suiza), exigiendo una reproductibilidad para la PaO_2 y la $PaCO_2$ de ± 2 mm Hg entre dos determinaciones y de 0,01 para la medición del pH. Se siguieron las recomendaciones SEPAR sobre gasometría arterial[89] y los valores de referencia fueron los de nuestro propio laboratorio[90].

3.3. Pruebas de esfuerzo máximo.

3.3.1. Realizada con bicicleta ergométrica y control de gases espiratorios

A los pacientes se les practicó un test de esfuerzo máximo con cicloergómetro cardiorrespiratorio (CPX Collins plus, Boston, USA) respiración a respiración, con analizador de la ventilación y de los gases inspirados y espirados. Usando los datos recogidos, una computadora calcula los resultados. El sistema respiración a respiración y la muestra tomada en la boca, permite la realización de medidas instantáneas. La cantidad de ejercicio es controlada automáticamente por una computadora bajo la dirección del sofware Collins CPX/PLUS. La bicicleta consta de una unidad de pedaleo electrónico conectada al ordenador.

La unidad CPX contiene los instrumentos necesarios para la recolección de los datos. El neumotacógrafo lineal Collins mide el volumen de cada respiración y el valor obtenido es el promedio de los últimos 20 segundos de cada minuto. Un analizador de gases mide el contenido de O_2 y CO_2 de cada respiración. El analizador de CO_2 es de tipo infrarrojo no disperso y el de O_2 es una célula de dióxido de zirconio. El cardiotacómetro y el medidor de la saturación de oxígeno pueden ser conectados al CPX. El CPX contiene un módulo de adquisición de datos procedentes de los analizadores, traductores y varias fuentes localizadas en la unidad CPX, recibiendo la computadora los cálculos finales. En este proceso, los datos son convertidos de una forma lineal a analógica, y linealizados según las necesidades.

El circuito cardiorrespiratorio está compuesto fundamentalmente por:

- Neumotacógrafo: es un dispositivo medidor de flujo, a través del cual el paciente respira durante la prueba. El software integra el flujo para poder determinar el volumen de cada respiración. El neumotacógrafo va conectado mediante un dispositivo en forma de codo a la unidad CPX y a la boquilla que se conecta el paciente.

- Dispositivo atrapador de saliva: es un tubo que recoge el exceso de saliva, localizado bajo el codo del neumotacógrafo.

- Traductor de presiones: como el paciente respira a través del neumotacógrafo, el flujo se transforma de forma proporcional en presión. El transductor de presión convierte la presión diferencial en una señal electrónica, y el software convierte la señal en volumen, el cual es reflejado por la computadora en tiempo real.

- Tubo de teflón: transporta la respiración del paciente desde el neumotacógrafo hasta el circuito analizador.

- Sistema de enfriamiento y secado: es un sistema que lleva la presión de vapor de agua de todos los gases a un valor constante conocido, eliminando así la variabilidad de las medidas de las fracciones de los gases debido a las diferencias de presión de vapor.

- Circuito analizador de gases: Los gases pasan de forma simultánea a través de un analizador. El de carbónico es de tipo infrarrojo no dispersivo, y el de oxígeno de célula de dióxido de zirconio.

Se trata de un sistema de ejercicio de tercera generación, caracterizado por su simplicidad y por la no existencia de válvulas ni de cámaras espaciadoras.

La prueba era progresiva y máxima, limitada por síntomas y respirando aire ambiente. Después de un periodo de monitorización de 3 minutos en reposo, el paciente comienza el pedaleo a 0 W el primer minuto

y posteriormente incrementa entre 10 y 15 W cada minuto dependiendo de la severidad de la obstrucción. En la bicicleta existe un tacómetro que permite monitorizar las revoluciones por minuto (rpm) a las que pedalea el paciente, debiendo mantenerse entre 60 y 80 rpm[91]. Al respirar se envía el gas al neumotacógrafo, a través del tubo de teflón, hasta la zona de entrada de la muestra, pasando por el sistema de secado/enfriado, y desde aquí, hasta el analizador de gases, siendo luego intercambiado al aire ambiente.

Para el control de la frecuencia cardiaca se realizó, previo al esfuerzo un electrocardiograma estándar de 12 derivaciones y se le monitorizó durante el esfuerzo de forma continua, con un Hellige Cardiotest EK 41. Los electrodos eran los normales de plata usualmente utilizados para monitorizar a los pacientes y su colocación era la aconsejada más habitualmente para las pruebas de esfuerzo[92].

El control constante de la saturación de oxígeno, tanto en reposo como durante el esfuerzo, se realizó con un oxímetro de pulso Ohmeda Biox 3700 e, con una variabilidad máxima de ± 1,7 % entre 90 y 100 % de saturación, de ± 2,3 % entre 70 y 80 % de saturación y de ± 2,6 % en valores inferiores al 60 % de saturación.

Los parámetros medidos o derivados de la prueba de esfuerzo son los siguientes:

- Volumen minuto o ventilación minuto (VE): es el volumen de gas espirado dividido por el tiempo de espiración en minutos. Es expresado en litros/minuto y en condiciones de temperatura corporal, saturado con vapor de agua y presión ambiente (BTPS).

- Frecuencia respiratoria (FR): es el número de respiraciones dividido por el tiempo necesario para completarlas. Se expresa en respiraciones por minuto.

- Volumen circulante (Vt): es el volumen utilizado en cada ciclo respiratorio. Se expresa en litros y en condiciones BTPS.

- Vt/IC%: es el volumen circulante expresado en porcentaje de su capacidad inspiratoria.

- Vt/CVF %: volumen circulante en porcentaje de su capacidad vital.

- Espacio muerto fisiológico (VD): es la diferencia entre la ventilación minuto y la ventilación alveolar.

$$VD = Vt \times PaCO_2 - PeCO_2/PaCO_2 - VDm$$

Siendo $PeCO_2$ la presión espiratoria de CO_2 y VDm el espacio muerto de la válvula.

- Relación espacio muerto - volumen circulante (VD/Vt): es un valor estimativo del grado de uniformidad de la ventilación/perfusión. Su descenso con el esfuerzo es expresión de una relación uniforme de la ventilación alveolar a la perfusión.

- Análisis de la ventilación como dos componentes: la ventilación minuto puede ser expresada como

$$VE = Vt/Ti \times Ti/Ttot$$

El flujo inspiratorio (Vt/Ti) representa el volumen corriente alcanzado durante el tiempo de la inspiración y que traduce el impulso o "drive" neuromuscular. El cociente Ti/Ttot es la fracción del tiempo del ciclo total que se utiliza para la inspiración (timing). Los valores de referencia eran los de nuestro laboratorio[90].

- Consumo de oxígeno (VO_2): se expresa en litros/minuto y en condiciones estándar de presión y temperatura, libre de vapor de agua (STPD).

$$VO_2 = (FiO_2 \times Vi) - (FeO_2 \times Ve)$$

Siendo FiO_2 la fracción inspiratoria de oxígeno, Vi el volumen inspiratorio, FeO_2 la fracción espiratoria de oxígeno y Ve el volumen espiratorio.

Los valores teóricos máximos (VO_2 max) pueden ser expresados en litros/minuto o en ml/Kg/minuto, dependiendo de la edad y el sexo[92].

- Producción de carbónico (VCO_2): también se expresa en litros/minuto y en condiciones STPD. Considerando la fracción inspiratoria de CO_2 ($FiCO_2$) igual a cero:

$$VCO_2 = Ve \times FeCO_2$$

- Relación de intercambio gaseoso (R): es la relación entre la producción de carbónico y el consumo de oxígeno.

$$R = VCO_2/VO_2$$

- Equivalente respiratorio para el O_2 (Ve/VO_2) y para el CO_2 (VCO_2): relación entre la ventilación/minuto y el consumo de oxígeno y producción de carbónico respectivamente. El Ve es expresado en condiciones BTPS y el VO_2 y VCO_2 en condiciones STPD.

- Umbral anaerobio (AT): determinado de forma no invasiva por el método de los equivalentes ventilatorios.

- Frecuencia cardiaca (HR): expresada en latidos por minuto.

- Pulso de oxígeno (VO_2/HR): se expresa en ml por latido. Puede ser utilizado como una medida de la función cardiovascular, pues es igual al volumen sistólico cardíaco por la diferencia arterio-venosa de oxígeno.

- Potencia (W) es el trabajo por unidad de tiempo expresada en vatios

W = trabajo de un julio por segundo

3.3.2. Shuttle Walking Test (SWT).

Para la realización de este test de carga progresiva se utilizó el protocolo modificado de S.J. Singh[93] de 12 niveles o escalones, de un

minuto de duración cada uno. La prueba se realizaba en el gimnasio de nuestro centro hospitalario. El paciente caminaba en una distancia de 10 metros, delimitada por una marca situada a 0,5 metros del final, con el objeto de rodearla y no dar un giro brusco (Figura 1). La velocidad de paso era marcada por una señal auditiva procedente de una cassette. Una señal simple indicaba que el paciente debía encontrarse en un extremo, y una triple, un aumento de la velocidad de paso. El paciente mantenía la velocidad de paso mediante el estímulo que le suponía la llegada con retraso a con antelación al extremo opuesto del recorrido. Comenzaba caminando a una velocidad de 0,5 m/s, y cada minuto aumentaba 0,17 m/s, siendo la velocidad alcanzada en el último nivel de 2,37 m/s. En el primer nivel completaba tres veces el recorrido (3 x 10), en el segundo cuatro, y así, sucesivamente. La prueba finalizaba cuando el paciente era incapaz de mantener la velocidad de paso marcada. El técnico que dirigía la prueba estaba situado a lo largo del recorrido y acompañaba al paciente en la realización del primer nivel, para adaptarlo a la velocidad de paso. No había motivación o estímulo del paso por parte del técnico al paciente. El único contacto verbal era para indicarle el cambio de velocidad de paso.

3.4. Test de endurance.

Separado al menos 24 horas del test máximo, a todos los pacientes se les realizó un test de esfuerzo submáximo, como una medida de endurance, con la bicicleta ergométrica regulada al 70 % de la potencia máxima alcanzada por cada paciente. Se determinó tanto el tiempo en minutos como la distancia recorrida en metros.

3.5. Determinación de la fuerza muscular periférica.

Todos los pacientes realizaron el test del 1 RM, utilizado habitualmente en programas de entrenamiento para deportistas y consistente en medir el máximo peso que podían levantar en una sola maniobra utilizando una estación multigimnástica (Centro Fitness CLASSIC KETTLER, Postfach, Alemania). Es el sistema más habitual, sencillo y barato de medir la fuerza, aunque sólo puede proporcionar información parcial sobre valores de fuerza máxima. La expresión típica de fuerza medida con esta prueba es la máxima dinámica. Teniendo en cuenta que pocas veces podemos medir la fuerza isométrica máxima, y mucho menos la excéntrica, este dato es de gran valor tanto para la programación de un entrenamiento como para su control[81]. Como hemos indicado previamente, utilizamos 5 ejercicios sencillos que englobaban a grandes masas musculares, tanto de los miembros superiores como de los inferiores:

1. Chest pulls.
2. Butterfly.
3. Neck press.
4. Leg curls.
5. Leg extension

3.6. Determinación de disnea y calidad de vida.

Para la disnea se utilizó el Indice de Disnea Basal (IDB) de Mahler[94]. Se trata de una escala multidimensional que contiene tres subescalas:

Magnitud de la Tarea (MT), Incapacidad Funcional (IF) y Magnitud del Esfuerzo (ME). Cada una de ellas se valora de 0 (intensa) a 4 (nula) y la suma da una puntuación que oscila entre 0 y 12; cuanto más baja es la puntuación mayor es la intensidad de la disnea. El instrumento permite recoger también la posibilidad de respuestas no cuantificables, ya sea por información incierta, desconocida o debida a la comorbilidad. Es un instrumento de fácil y rápida aplicación, una vez que los entrevistadores han adquirido una cierta práctica en su manejo, poseyendo una validez, reproductibilidad y capacidad de respuesta aceptables[95].

Para la determinación de la calidad de vida, utilizamos un cuestionario específico para pacientes con EPOC, traducido y validado al español, el Chronic Respiratory Questionaire Disease (CRQD)[9]. Este cuestionario fue desarrollado para evaluar en este tipo de pacientes el impacto de la rehabilitación respiratoria sobre la calidad de vida. Está constituido por 20 items puntuados del 1 al 7 (de manera que a mayor puntuación mejor calidad de vida) y divididos en cuatro apartados: Disnea (preguntas 4a-4e), Fatiga (preguntas 7, 10, 14, 16), Función Emocional (FE; preguntas 5, 8, 11, 13, 15, 17, 19) y Control de Enfermedad (CE; preguntas 6, 9, 12, 18). Se consideró que el cambio en las puntuaciones tenía importancia desde el punto de vista clínico cuando la puntuación de cada pregunta aumentaba al menos 0,5 puntos con respecto a la puntuación global en cada uno de los apartados (0,5-1: cambio ligero; 1-1,5: moderado; mayor de 1,5: importante).

4. Análisis estadístico.

Analizando el tamaño del efecto a expensas de una mejoría en el trabajo alcanzado superior a unos 15 W en el test de esfuerzo máximo realizado con la bicicleta ergométrica, y considerando una desviación estándar en este parámetro de ± 10 W, un alfa de 0,05 y un beta de 0,1 (potencia estadística del 90 %) y calculando un porcentaje de pérdidas del 15 %, estimamos un tamaño de muestra de 18 pacientes para cada grupo.

La comparación de las diferentes variables antes y después del entrenamiento, en cada grupo, se realizó usando un test no paramétrico para valores repetidos. Para comparaciones entre los distintos grupos se utilizaron tests no paramétricos para muestras independientes.

Se consideró significativa una $p < 0,05$. Para expresar los valores de cada variable en los diferentes grupos utilizamos la media y se determinó su dispersión como ± 1 DE (desviación estándar).

5. Grupos de estudio.

Los pacientes de la muestra, elegidos de forma aleatoria, prospectiva y randomizada se distribuyeron en cuatro grupos de 18:

1° Grupo control.

2° Grupo entrenado a bicicleta.

3° Grupo entrenado con fuerza.

4° Grupo de entrenamiento mixto, a fuerza y con bicicleta.

Capítulo V: Resultados.

De forma prospectiva estudiamos a 72 pacientes, 71 varones y 1 mujer (M-13 de los anexos), con EPOC en fase estable de su enfermedad (tabla I), que incluimos en un programa de rehabilitación pulmonar. Su edad media era de 63,7 años y como vemos presentaban una obstrucción importante al flujo aéreo, con un FEV1 medio del 38 % (1070 ml). Además estaban moderadamente hiperinsuflados (TLC del 114 %, FRC del 165 % y RV del 196 % de media) y con una aceptable conservación gasométrica (PaO_2 de 44 y $PaCO_2$ de 69 mmHg de media).

Los distribuimos, de una forma aleatoria y randomizada en los distintos grupos: los controles, los entrenados a una modalidad de fuerza, los entrenados a una modalidad de resistencia y finalmente los que realizaron un entrenamiento mixto (anexo 1).

Inicialmente expondremos los resultados globales de los pacientes sometidos a un programa de entrenamiento general al ejercicio comparados a los de los pacientes del grupo control y en segundo lugar vamos a analizar los efectos resultantes de cada modalidad de entrenamiento de una forma individualizada comparando las diferentes modalidades entre sí.

En una segunda fase de la presentación de los resultados veremos la evolución de los pacientes a los tres meses de finalizar el entrenamiento y sin llevar a cabo ningún programa específico de ejercicios, para comprobar la duración en el tiempo de los logros obtenidos.

1. Resultados del programa de ejercicios.

Como hemos indicado estudiamos a 72 pacientes con una EPOC moderada-severa en una fase estable de su enfermedad. Hubo 7 pacientes que no pudieron completar el entrenamiento, tres por presentar una agudización respiratoria, tres por falta de motivación y otro por una lesión a nivel de la articulación escápulo-humeral que le impidió la realización de los ejercicios. De los controles, en la primera fase de 12 semanas tuvimos 3 abandonos por falta de motivación.

De este modo completaron esta primera fase del estudio 62 pacientes, distribuidos en los cuatro grupos mencionados, que no presentaron diferencias significativas en las pruebas funcionales entre sí (tabla II):

- Grupo control: 15 pacientes.
- Grupo entrenado a fuerza: 17 pacientes.
- Grupo entrenado a resistencia: 16 pacientes.
- Grupo con un entrenamiento mixto: 14 pacientes.

a) Resultados globales del entrenamiento.

Inicialmente nuestra intención fue objetivar los beneficios derivados de la realización de un programa general de rehabilitación cardiorrespiratoria.

Para ello comparamos los resultados obtenidos en los pacientes del grupo control, que recibieron toda la atención médica y consejos educacionales habituales en estos programas, pero que no entrenaron su musculatura periférica, y un segundo grupo que sí lo hizo.

En la tabla III presentamos las características funcionales basales del grupo control frente al entrenado, que como vemos son muy similares y no encontramos diferencias significativas entre ambos.

Se trataba de pacientes de una media de 63 años de edad y con un FEV1 de aproximadamente un 38 % de su valor teórico correspondiente.

Al estudiar los resultados globales de un programa de rehabilitación cardiorrespiratoria basado en el entrenamiento muscular periférico y compararlo con un grupo control encontramos los siguientes resultados:

1. Pruebas funcionales respiratorias.

Como era previsible la rehabilitación cardiopulmonar no permitió cambios significativos en las pruebas de función pulmonar (tabla IV).

2. Test de esfuerzo máximo.

2.1. Test de esfuerzo realizado con la bicicleta ergométrica:

En parámetros de esfuerzo máximo, comprobamos como los pacientes entrenados aumentaron dichos parámetros de una manera leve, pero estadísticamente significativa (Figura 2).

La ventilación minuto máxima (VE max) pasó de 37,8 a 41,1 l/min (p = 0,03), su consumo máximo de oxígeno (VO_2 max) pasó del 63 % (1,3 l/min) al 70 % (1,42 l/min) con una "p" del 0,001 y también incrementaron la potencia máxima alcanzada (W max) que pasó del 31 % (44 W) al 36 % (51 W), con una "p" del 0,001. El grupo control no experimentó ninguna variación significativa (tabla V).

2.2. Shuttle Walking Test (SWT):

Los controles no obtuvieron mejorías significativas, mientras que los entrenados mejoraron significativamente (Figura 3) tanto el nivel alcanzado, pasando de una media de 6,8 a otra de 7,5 (p = 0,001), como la distancia caminada que subió de una media de 450 m a 521 m (p = 0,003) (tabla VI).

3. Resistencia.

En el test de endurance, realizado en una bicicleta regulada al 70 % de la potencia máxima que podía realizar cada paciente al el test de esfuerzo máximo realizado inicialmente y midiendo el tiempo en minutos que los pacientes eran capaces de mantener el ritmo de pedaleo, los controles no

obtuvieron incrementos significativos, pasando de 25,2 minutos basales a 29,6 en la medición realizada a los tres meses.

Los entrenados sí presentaron unos aumentos significativos (Figura 4) y pasaron de una media de 31,6 minutos a otra de 53,1 minutos (p = 0,001) (tabla VII).

4. Test de fuerza muscular periférica.

En el test del 1 RM, realizado en la estación multigimnástica con el fin de estudiar la fuerza muscular periférica, los controles aumentaron algo su 1 RM. En el ejercicio de chest pull pasaron de 44 a 48 Kg, en el de butterfly de 22 a 24 Kg, en el de neck press de 24 a 26 Kg, en el de leg flexion de 19 a 20 Kg y en el de leg extension de 41 a 45 Kg. Aunque estos incrementos fueron escasos en valores absolutos en cuatro de los cinco ejercicios llegó a tener significación estadística.

Los entrenados, en el ejercicio de chest pull pasaron de 40 a 52 Kg, en el de butterfly de 17 a 25 Kg, en el de neck press de 21 a 28 Kg, en el de leg flexion de 16 a 27 Kg y en el de leg extension de 37 a 52 Kg.

Podemos apreciar que los incrementos obtenidos por el grupo de pacientes sometidos a entrenamiento son significativamente mayores que en los controles (Figura 4). En chest pull de 12 Kg vs 4 Kg (p = 0,001), en butterfly de 8 Kg vs 2 Kg (p = 0,001), en neck press de 6 Kg vs 2 Kg (p = 0,003), en leg flexion de 11 Kg vs 1 Kg (p = 0,001) y en leg extension 15 Kg vs 4 Kg (p = 0,001) (tabla VIII).

5. Escala de disnea.

Los pacientes entrenados mejoraron significativamente en los 3 items de la escala de disnea de Mahler: magnitud de la tarea (MT) de 1,8 a 2,3 (p = 0,001), incapacidad funcional (IF) de 1,9 a 2,3 (p = 0,001) y magnitud del esfuerzo de 2 a 2,5 (p = 0,001) (ME) (tabla IX y Figura 5).

Los controles no presentaron variaciones estadísticamente significativas, pasando de una media de 1,7 a 1,9 en magnitud de la tarea (MT), de 1,9 a 1,9 en incapacidad funcional (IF) y de 2,1 a 2,2 en magnitud del esfuerzo (ME).

6. Test de calidad de vida del CQRD.

En el test de calidad de vida del CQRD, encontramos mejorías significativas tras el entrenamiento en los 4 items (Figura 5). En disnea (D) de 3,5 a 4,3 (p = 0,001), en fatiga (F) de 4,6 a 5,2 (p = 0,001), en función emocional (FE) de 4,8 a 5,2 (p = 0,001) y en control de enfermedad (CE) de 5,2 a 5,6 (p = 0,013), superando el valor de 0,5 puntos establecido como clínicamente significativo en disnea y en fatiga (tabla X).

Los controles mejoraron únicamente el parámetro de disnea, de 3,1 a 3,6 (p = 0,005).

b) Efectos de cada modalidad de entrenamiento y comparación entre ellas.

Para intentar diferenciar lo que aporta cada modalidad de entrenamiento a los resultados globales ya expuestos en el apartado anterior, vamos a pormenorizar los logros obtenidos en cada uno de los grupos y los vamos a comparar entre sí.

1. Pruebas funcionales respiratorias.

Los 17 pacientes entrenados a fuerza, todos varones y con una media de edad de 66 años, tenían un FEV1 medio de 1124 ml (40 % del teórico), ligeramente hipoxémicos (71 mm Hg de media) y sin hipercapnia (44 mm de Hg). No presentaron variaciones significativas en los valores de las pruebas funcionales respiratorias realizadas a la finalización del programa (tabla XI).

Los 16 pacientes entrenados a resistencia, varones y con una media de edad de 66 años, presentaban un FEV1 medio de 1132 ml (41 % del teórico), igualmente algo hipoxémicos (65 mm Hg) y sin hipercapnia (45 mm Hg). Tampoco experimentaron variaciones significativas (tabla XI).

Los 14 pacientes entrenados de forma mixta, 11 varones y 1 mujer con una edad media de 60 años, presentaban un FEV1 medio de 936 ml (32 % del teórico), una gasometría similar a los otros grupos y tampoco variaron de forma significativa sus parámetros funcionales (tabla XI).

Al comparar los incrementos de estos parámetros funcionales, con cada modalidad de entrenamiento, no hubo ninguna diferencia significativa entre ellos (tabla XII).

2. Parámetros de esfuerzo máximo.

2.1 Test de esfuerzo máximo en bicicleta ergométrica.

Los pacientes entrenados a fuerza no variaron su ventilación minuto máxima, pero incrementaron ligeramente su VO_2 max que pasó de un 66 % al 75 % (p = NS), así como su W max alcanzada, que pasó del 35 % al 39 % (p = NS) (tabla XIII).

Los entrenados a resistencia incrementaron su VE max, que pasó de 36,3 l/min a 42 l/min (p = 0,013), el VO_2 max pasó del 63 % al 70 % (p = 0,033) y la W max del 28 % al 35 % (p = 0,009) (tabla XIII).

Los pacientes sometidos a un entrenamiento mixto no llegaron a alterar significativamente ninguno de los parámetros de esfuerzo máximo. La VE max pasó de 38,1 l/min a 38,4 l/min, el VO_2 max del 61 % al 65 % y la W max del 30 % al 33 % (tabla XIII).

Al estudiar los cambios obtenidos con cada modalidad de entrenamiento en estos parámetros de esfuerzo máximo, no hubo diferencias estadísticamente significativas. Sin embargo, encontramos un mayor incremento en la ventilación minuto máxima (VE max) para los pacientes entrenados a resistencia (5,6 l/min) que en los entrenados a fuerza (3,6 l/min) o de forma mixta (0,3 l/min), siendo este significativo al comparar los de resistencia y los mixtos (p = 0,04). Respecto a los incrementos en consumo de Oxígeno (VO_2 max), los entrenados a fuerza tuvieron un incremento del 9,6 %, los entrenados a resistencia del 7,2 % y los de

entrenamiento mixto del 3,6 %. En cuanto al trabajo máximo (W max), los entrenados a fuerza presentaron un incremento del 4 %, los entrenados a resistencia del 8 % y los de entrenamiento mixto del 4 %.

No existieron, por tanto, variaciones significativas entre los distintos grupos de entrenamiento (tabla XIV).

2.2. Prueba del Shuttle Walking Test (SWT).

Los entrenados a fuerza pasaron de un nivel 6,9 a un nivel 8 ($p = 0,008$) y de una distancia recorrida de 457 m a 561 m ($p = 0,015$) (tabla XV).

Los entrenados a resistencia de un nivel de 6,9 pasaron a otro de 7,3 y de 457 m a 501 m recorridos, aunque no fueron incrementos estadísticamente significativos (tabla XV).

Los pacientes que realizaron un entrenamiento mixto tampoco experimentaron variaciones estadísticamente significativas, pero en valores absolutos pasaron de un nivel de 6,6 a otro de 7,2, y de una distancia recorrida de 434 m a otra de 493 m (tabla XV).

No hubo diferencias significativas en los incrementos, ni en el nivel alcanzado ni en la distancia recorrida en metros, entre las diferentes modalidades de entrenamiento. No obstante hemos de indicar que los entrenados a fuerza mejoraron más que los otros con un incremento de 104 m en la distancia recorrida, respecto a 59 los mixtos y 39 los de resistencia (tabla XVI).

3. Resistencia.

Los pacientes entrenados a fuerza, tras la rehabilitación, pasaron de una endurance de 35 minutos a otra de 44 (p = 0,015) (tabla XVII).

Los entrenados a resistencia pasaron de una endurance de 33 a otra de 67 minutos (p = 0,001) (tabla XVII).

Los sometidos a entrenamiento mixto, presentaron un incremento de 25 a 49 minutos (p = 0,001) (tabla XVII).

Al comparar los incrementos logrados entre los pacientes entrenados a fuerza y a resistencia (tabla XVIII), encontramos que los entrenados a resistencia incrementaban de forma significativa su endurance (33,6 frente a 8,3 minutos; p = 0,001).

Los que realizaron un entrenamiento mixto mejoraron su nivel de endurance de forma significativamente mayor que los entrenados a fuerza (24 frente a 8,3 min; p = 0,017) y a un nivel comparable con los que entrenaron a resistencia (24 frente a 33,6 min; p = 0,2).

4. Fuerza muscular periférica.

Los pacientes entrenados a fuerza presentaron un gran incremento, en este parámetro, en los 5 ejercicios controlados con el test del 1 RM. En el de chest pull pasaron de 39 Kg a 55 Kg (p = 0,001), en de butterfly de 16 a 28 Kg (p = 0,001), en el de neck press de 21 a 30 Kg (p = 0,001), en el leg flexion de 15 a 31 Kg (p = 0,001) y en de leg extension de 36 a 55 Kg (p = 0,001) (tabla XVII).

Los pacientes entrenados a resistencia, incrementaron algo su 1 RM, pasando en chest pull de 43 Kg a 48 Kg (0,001), en butterfly de 19 a 22 Kg

(p = 0,02), en neck press de 21 a 22 Kg (p = 0,02), en leg flexion de 15 a 20 Kg (p = 0,001) y en leg extension de 39 a 47 Kg (p = 0,001) (tabla XVII).

Los pacientes que realizaron un entrenamiento mixto, también mejoraron su fuerza muscular periférica de un modo significativo tras el programa de ejercicios. En chest pull pasaron de 38 Kg a 53 Kg (p = 0,001), en butterfly de 16 a 25 Kg (p = 0,001), en neck press de 22 a 30 Kg (p = 0,001), en leg flexion de 17 a 32 Kg (p = 0,001) y en leg extension de 36 a 55 Kg (p = 0,001) (tabla XVII).

Al comparar los incrementos de fuerza en los pacientes sometidos a las diferentes formas de ejercicio, encontramos que los pacientes entrenados en esta modalidad incrementaban de forma muy significativa este parámetro respecto a los entrenados a resistencia en los cinco ejercicios controlados: chest pull 16 Kg frente a 5 Kg (p = 0,001), butterfly 12 Kg frente a 3 Kg (p = 0,001), neck press 8 Kg frente a 3 Kg (p = 0,001), leg flexion 16 Kg frente a 5 Kg (p = 0,001) y leg extension 19 Kg frente a 8 Kg (p = 0,001).

Al estudiar los resultados del grupo entrenado de forma mixta, encontramos que las mejorías en fuerza muscular periférica eran comparables a las obtenidas por el grupo entrenado a fuerza.

Estos pacientes mejoraban a la vez, tanto en fuerza como en resistencia, al compararlos con los grupos que entrenaron de forma específica en estas modalidades (tabla XVIII).

5. Escala de disnea de Mahler.

Los pacientes entrenados a fuerza presentaron una mejoría en los 3 items de esta escala de disnea. Magnitud de la tarea (MT) de 1,6 a 2,1 (p =

0,015), incapacidad funcional (IF) de 1,7 a 2,1 (p = 0,011) y magnitud del esfuerzo (ME) de 1,7 a 2,4 (p = 0,034) (tabla XIX).

Los pacientes entrenados a resistencia también incrementaron estos parámetros, pasando en MT de 2,1 a 2,4 (p = 0,034), en IF de 1,9 a 2,4 (p = 0,011) y en ME de 2,2 a 2,6 (p = 0,02) (tabla XIX).

Los entrenados de forma mixta, incrementaron su MT de 1,9 a 2,4 (p = 0,008), la IF de 2,2 a 2,5 (p = NS) y la ME de 2,1 a 2,6 (p = 0,008) (tabla XIX).

Al analizar los tres items de la escala de disnea de Mahler (tabla XX), no encontramos diferencias significativas en los incrementos alcanzados en cada modalidad de entrenamiento. Los entrenados a fuerza tuvieron unos incrementos de: MT 0,5, IF 0,4 y ME 0,7. Los entrenados a resistencia de: MT 0,4, IF 0,5 y ME 0,4. Finalmente los entrenados de forma mixta de: MT 0,5, IF 0,3 y ME 0,5.

6. Test de calidad de vida del CQRD.

Los pacientes entrenados a fuerza aumentaron en los diferentes items de este test, tras realizar el programa de ejercicios. En disnea (D) pasaron de 3,4 a 4,2 (p = 0,011), en fatiga (F) de 4,1 a 5 (p = 0,005), en función emocional (FE) de 4,3 a 5,1 (p = 0,002) y en control de enfermedad (CE) de 5 a 5,4 (p = NS) (tabla XXI).

Los pacientes entrenados a resistencia presentaron incrementos en D de 3,5 a 4,3 (p = 0,008), en F de 4,6 a 5,1 (p = 0,029), en FE de 4,8 a 4,9 (p = NS) y en CE de 5,1 a 5,4 (p = NS) (tabla XXI).

Los pacientes que realizaron un entrenamiento mixto pasaron en D de 3,6 a 4,3 (p = 0,002), en F de 5,1 a 5,5 (p = NS), en FE de 5,5 a 5,8 (p = NS) y en CE de 5,6 a 5,9 (p = NS) (tabla XXI).

En los cuatro items del test de calidad de vida del CQRD, los incrementos logrados fueron igualmente similares (tabla XXII). En los entrenados a fuerza de: D 1,2, F 1,2, FE 0,7 y CE 0,4. Para los entrenados a resistencia de: D 0,8, F de 0,6, FE de 0,1 y CE de 0,3. Finalmente para los entrenados de forma mixta de: D 0,7, F de 0,4, FE de 0,3 y CE de 0,3.

2. Mantenimiento de los efectos del entrenamiento a los 3 meses de la finalización del programa.

Para estudiar el mantenimiento de los efectos de un programa de entrenamiento y diferenciar la respuesta a cada modalidad utilizada en el estudio, vamos a presentar estos resultados en otras dos fases.

Una primera, en la que estudiaremos el mantenimiento de los resultados del conjunto de pacientes entrenados y del grupo control, comparando los valores basales con los obtenidos a los 3 meses de la finalización del programa, con el objetivo de ver la persistencia de los beneficios.

Y una segunda, en la que analizaremos por separado las pérdidas de los efectos del entrenamiento en cada modalidad de ejercicios y las compararemos entre sí.

De los 62 pacientes que completaron la primera fase del trabajo, se perdieron 14 pacientes para la realización de la última determinación realizada a los 6 meses del inicio del programa:

5 controles: 4 por falta de motivación (C-3, C-10, C-11 y C-14) y 1 por fallecimiento de causa cardiológico (C-8).

9 entrenados: 3 por agudización respiratoria (R-4, R-13 y F-6), 3 por enfermedad cardiocirculatoria (R-16, M-3 y M-12), 1 por motivo laboral (R-12), 1 por de cambio de domicilio a otra ciudad (R-7) y 1 por falta de motivación (R-8).

De este modo completaron la totalidad del estudio 48 pacientes, de características funcionales basales similares a los a las de los 72 pacientes que iniciaron el estudio y quedaron distribuidos del siguiente modo (tabla XXIII):

- Grupo control: 10 pacientes.
- Grupo entrenado el la modalidad de fuerza: 16 pacientes.
- Grupo entrenado en la modalidad de resistencia: 10 pacientes.
- Grupo sometido al entrenamiento mixto: 12 pacientes.

a) Persistencia de los efectos del entrenamiento a los 3 meses de la finalización del programa.

Como hemos indicado vamos a comparar el mantenimiento de los efectos logrados a los 3 meses de la finalización del programa, respecto a los valores basales. Tanto en el grupo de 38 pacientes entrenados como en los 10 del grupo control.

1. Pruebas funcionales respiratorias.

No hubo cambios significativos en estas pruebas funcionales respiratorias a los 3 meses de la finalización del programa, en ninguno de los grupos (tablas XXIV) .

2. Parámetros de esfuerzo máximo.

2.1. Test de esfuerzo realizado en la bicicleta ergométrica:

Los pacientes entrenados, al comparar los valores basales con los obtenidos a los 3 meses de la finalización del programa de ejercicios, no presentaron cambios significativos en parámetros de esfuerzo máximo (Figura 6). En la ventilación minuto, pasaron de 37,6 l/min a 39 l/min, en consumo de oxígeno y potencia máxima pasaron del 63 al 66 % y del 32 al 33 % respectivamente (tabla XXV).

Los controles no presentaron variaciones importantes en estos parámetros máximos, solamente a destacar una caída en la potencia alcanzada, del 59 a 44 % (p = 0,048) (tabla XXV).

2.2. Prueba del Shuttle Walking Test (SWT).

Los pacientes del grupo control no alteraron de forma significativa, ni en el nivel alcanzado, ni en la distancia recorrida expresada en metros (tabla XXVI).

Los pacientes entrenados presentaban una persistencia significativa de los efectos logrados tras el entrenamiento. Tanto en el nivel alcanzado, del 6,8 al 7,4 (p = 0,018), como en la distancia recorrida, de 533 m a 508 m (p = 0,042) (tabla XXVI y figura 7).

3. Resistencia al ejercicio.

La resistencia se determinó con el test de endurance en bicicleta, midiendo el tiempo en minutos que los pacientes eran capaces de mantener el ritmo de pedaleo (Figura 8).

Los del grupo control no experimentaron variación en este parámetro, a los 6 meses de la entrada en el programa de ejercicios (tabla XXVII).

Los entrenados pasaron de un valor basal medio de 32,6 minutos, a otro a los 6 meses de 49,9 minutos (p = 0,001) (tabla XXVII).

4. Fuerza muscular periférica.

La fuerza muscular determinada por el test del 1 RM a los 3 meses de la finalización de la primera fase del programa en el grupo control no presentó grandes cambios, únicamente en chest pull y neck press. Los cambios detallados fueron los siguientes: chest pull de 46 a 49 Kg (p = 0,028), butterfly de 22 a 24 Kg (p = NS), neck press de 24 a 28 Kg (0,018), leg flexion de 19 a 21 Kg (p = NS) y leg extension de 42 a 44 Kg (p = NS) (tabla XXVII).

En los pacientes entrenados, la fuerza muscular medida con el test del 1 RM se mantuvo a los 3 meses de la finalización del programa significativamente por encima de los valores basales (Figura 8). Chest pull: de 39 a 49 Kg (p = 0,001), buterfly: de 16 a 21 Kg (p = 0,001), neck press: de 21 a 25 Kg (p = 0,001), leg flexion: de 16 a 26 Kg (p = 0,001) y leg extension: de 36 a 50 Kg (p = 0,001) (tabla XXVII).

5. Escala de disnea de Mahler.

Los controles no experimentaron ninguna variación significativa entre las mediciones basales y a los 6 meses (tabla XXVIII).

Los entrenados por su parte, mantuvieron las ganancias logradas en este periodo de tiempo en los 3 items (Figura 9). Magnitud de la tarea (MT): de 1,8 a 2,4 (p = 0,001), incapacidad funcional (IF): de 2 a 2,4 (p = 0,002) y magnitud del esfuerzo (ME): de 2 a 2,4 (p = 0,001) (tabla XXVIII).

6. Calidad de vida en el test del CQRD.

Los pacientes del grupo control no variaron la puntuación en este test de calidad de vida a los 6 meses de su entrada en el programa, salvo en el items de disnea que pasó de 3,2 a 3,5 (p = 0,0027) (tabla XXIX).

Los pacientes sometidos a entrenamiento mantuvieron las mejorías respecto a los valores basales en los 4 items de esta escala (Figura 9). En disnea (D) pasaron de 3,4 a 4,5 (p = 0,001), en fatiga (F) las puntuaciones pasaron de 4,6 a 5,1 (p = 0,011), en función emocional (FE) de 4,8 a 5,4 (p = 0,001) y en control de enfermedad (CE) de 5,3 a 5,7 (p = 0,014) (tabla XXIX).

b) Persistencia de los efectos en las diferentes modalidades de entrenamiento empleadas..

Para especificar la diferencias en el mantenimiento de los efectos obtenidos con las diferentes modalidades de entrenamiento, vamos a proceder a separar los resultados de cada grupo de pacientes (los 16 entrenados a fuerza, los 10 entrenados a resistencia y los 12 sometidos a un entrenamiento mixto) y vamos a comparar las pérdidas que sufrieron los pacientes de cada grupo a los 3 meses de finalizar el programa de entrenamientos.

1. Pruebas funcionales respiratorias.

Ninguno de los grupos entrenados presentó variaciones significativas en estos parámetros a los 3 meses de la finalización del programa de ejercicios (tabla XXX).

Tampoco hubo diferencias significativas en los incrementos de estos valores entre las diferentes modalidades de entrenamiento (tabla XXXI).

2. Parámetros de esfuerzo máximo.

2.1 Test de esfuerzo máximo en bicicleta ergométrica.

Los pacientes entrenados a fuerza no variaron su ventilación minuto máxima, pero redujeron ligeramente su VO_2 max que pasó de un 76 % al 68

% (p = 0,034), así como su W max alcanzada, que pasó del 39 % al 34 % (p = 0,017) (tabla XXXII).

Los pacientes entrenados a resistencia no variaron su VE max ni su VO_2 max, pero redujeron la potencia máxima del 39 al 33 % (p = 0,035).

Los sometidos a un entrenamiento mixto tampoco variaron su VE max. El VO_2 max y la Wmax lo disminuyeron respectivamente del 64 al 58 % y del 34 % al 32 %, aunque no llegaron a alcanzar la significación estadística (tabla XXXII).

No encontramos diferencias significativas, a los 3 meses de la finalización del programa, al comparar los decrementos en estos parámetros de esfuerzo máximo entre las diferentes modalidades de entrenamiento.

La ventilación minuto máxima (VE max) para los pacientes entrenados a resistencia no varió, en los entrenados a fuerza fue de –2,6 l/min y en los de entrenamiento mixto de 0,2 l/min.

Los entrenados a fuerza tuvieron un incremento en consumo de oxígeno (VO_2 max) del -8 %, los entrenados a resistencia del 1 % y los de entrenamiento mixto del -5 %.

En cuanto al trabajo máximo (W max), los entrenados a fuerza presentaron un incremento del -5 %, los entrenados a resistencia del -7 % y los de entrenamiento mixto del -4 %. Como ya se indicó no existieron variaciones significativas entre los distintos grupos de entrenamiento (tabla XXXIII).

2.2. Prueba del Shuttle Walking Test (SWT).

Aunque hubo un decremento generalizado, no hubo diferencias significativas en ninguno de los grupos, ni en el nivel ni en la distancia recorrida, en esta prueba a los 3 meses de la finalización del programa de ejercicios.

Los entrenados a fuerza pasaron de un nivel 8 a un nivel 7,7 y de una distancia recorrida de 561 a 532 m.

Los entrenados a resistencia de un nivel de 7,5 a otro de 7 y de 529 m a 479 m recorridos.

Los pacientes que realizaron un entrenamiento mixto pasaron de un nivel de 7,3 a otro de 7,3, y de una distancia recorrida de 500 m a otra de 498 m (tabla XXXIV).

Al comparar entre las diferentes modalidades de entrenamiento, no encontramos diferencias significativas en los incrementos, ni en el nivel alcanzado ni en la distancia recorrida en metros. No obstante hemos de indicar que los entrenados a fuerza decayeron el nivel en –0,3 y la distancia recorrida en –29 m, los de resistencia en –0,5 y –49 m y finalmente los de entrenamiento mixto en 0 y 2 m respectivamente (tabla XXXV).

3. Resistencia.

No hubo caídas significativas en los minutos que los pacientes eran capaces de mantener el ritmo de pedaleo en el test de endurance, a los 3 meses de la finalización de los programas de ejercicios.

Los pacientes entrenados a fuerza, pasaron de una endurance de 45,9 minutos a otra de 45,1, los entrenados a resistencia de 73,1 a 66,6 minutos y los entrenados de forma mixta de 50,5 a 42,5 minutos (tabla XXXVI).

Al comparar los decrementos entre los pacientes entrenados a fuerza, a resistencia y de forma mixta, a los 3 meses de la finalización del programa de ejercicios, nos encontramos con que los entrenados a fuerza tenían una caída de -0,8 minutos, los entrenados a resistencia de –6,5 minutos y los

mixtos de –8 minutos. Estas diferencias no llegaron a alcanzar la significación estadística (tabla XXXVII).

4. Fuerza muscular periférica.

Los pacientes entrenados a fuerza presentaron un ligero pero significativo decremento, a los 3 meses de la finalización del programa de ejercicios, en el test del 1 RM en 4 de los 5 ejercicios controlados. En el de chest pull pasaron de 55 Kg a 52 Kg (p = 0,025), en de butterfly de 28 a 23 Kg (p = 0,001), en el de neck press de 30 a 27 Kg (p = 0,016), en el leg flexion de 31 a 27 Kg (p = 0,015) y en de leg extension de 55 a 52 Kg (p = NS) (tabla XXXVI).

Los pacientes entrenados a resistencia, variaron muy ligeramente su 1 RM, pasando en chest pull de 45 Kg a 46 Kg (p = NS), en butterfly de 19 a 18 Kg (p = NS), en neck press de 20 a 20 Kg (p = NS), en leg flexion de 19 a 12 Kg (p = NS) y en leg extension de 45 a 43 Kg (p = NS) (tabla XXXVI).

Los pacientes que realizaron un entrenamiento mixto, redujeron levemente, pero de forma significativa, su fuerza muscular periférica a los 3 meses de la finalización del programa de ejercicios. En chest pull pasaron de 52 Kg a 48 Kg (p = 0,003), en butterfly de 24 a 20 Kg (p = 0,005), en neck press de 30 a 26 Kg (p = 0,005), en leg flexion de 32 a 28 Kg (p = 0,005) y en leg extension de 56 a 54 Kg (p = 0,002) (tabla XXXVI).

Por otro lado, al comparar los incrementos de fuerza muscular periférica, encontramos que los pacientes entrenados en esta modalidad decrementaban de forma significativa este parámetro con respecto a los entrenados a resistencia en tres de los cinco ejercicios controlados: chest

pull -3 Kg frente a 1 Kg (p = 0,017), butterfly -5 Kg frente a -1 Kg (p = 0,01), neck press -3 Kg frente a 0 Kg (p = NS), leg flexion -3 Kg frente a 3 Kg (p = 0,001) y leg extension -2 Kg frente a -2 Kg (p = NS).

Al estudiar los resultados del grupo entrenado de forma mixta, encontramos que las reducciones en fuerza muscular periférica eran comparables a las obtenidas por el grupo entrenado a fuerza, sin que existiesen diferencias significativas entre ellas (Tabla XXXVII).

5. Escala de disnea de Mahler.

No hubo variaciones significativas de los 3 items que la componen para ninguno de los grupos a los 3 meses de la finalización del los ejercicios.

Los pacientes entrenados a fuerza pasaron en magnitud de la tarea (MT) de 2,1 a 2,1, en incapacidad funcional (IF) de 2,1 a 2,1 y en magnitud del esfuerzo (ME) de 2,4 a 2,4.

Los pacientes entrenados a resistencia pasaron en MT de 2,6 a 2,5, en IF de 2,7 a 2,8 y en ME de 2,7 a 2,5.

Finalmente los pacientes entrenados de forma mixta pasaron en MT de 2,4 a 2,6, en IF de 2,6 a 2,6 y en ME de 2,6 a 2,5 (tabla XXXVIII).

Al comparar los efectos de las tres modalidades de entrenamiento entre sí en los tres items de la escala de disnea de Mahler (tabla XXXIX), no encontramos diferencias significativas en los incrementos alcanzados en cada modalidad de entrenamiento. Los entrenados a fuerza tuvieron unos incrementos de: MT 0, IF 0 y ME 0. Los entrenados a resistencia de: MT -0,1, IF 0,1 y ME -0,2. Finalmente los entrenados de forma mixta de: MT 0,2, IF 0,2 y ME 0.

6. Test de calidad de vida del CQRD.

Tampoco existieron variaciones significativas, en los diferentes items de este test, a los 3 meses de la finalización del programa de entrenamientos en los diferentes grupos.

Los pacientes entrenados a fuerza, en disnea (D) pasaron de 4,1 a 4,4, en fatiga (F) de 4,9 a 4,8, en función emocional (FE) de 5 a 5,2 y en control de enfermedad (CE) de 5,4 a 5,5

Los pacientes entrenados a resistencia pasaron en D de 4,2 a 4,5, en F de 5,5 a 5,2, en FE de 5,2 a 5,4 y en CE de 5,6 a 5,7.

Por último, los pacientes que realizaron un entrenamiento mixto pasaron en D de 4,4 a 4,6, en F de 5,5 a 5,4, en FE de 5,9 a 6 y en CE de 5,9 a 6 (tabla XL).

En los cuatro items del test de calidad de vida del CQRD, los incrementos obtenidos fueron igualmente similares (tabla XLI). En los entrenados a fuerza de: D 0,3, F -0,1, FE 0,2 y CE 0,1. Para los entrenados a resistencia de: D 0,3, F de -0,3, FE de 0,2 y CE de 0,1. Finalmente para los entrenados de forma mixta de: D 0,2, F de 0, FE de 0 y CE de 0,2.

TABLAS Y FIGURAS:

N=72	*Media*	*DE*
Edad (años)	63,7	7,6
FVC (ml)	2511	579
FVC (%)	70	15
FEV1 (ml)	1070	377
FEV1 (%)	38	13
FEV1/FVC	43	11
TLC (ml)	7002	1157
TLC (%)	115	20
FRC (ml)	5516	1261
FRC (%)	165	38
RV (ml)	4542	1219
RV (%)	196	55
PaO_2 (mmHg)	69	9
$PaCO_2$ (mmHg)	44	6

Tabla I: Pruebas funcionales basales de los pacientes que participaron en el estudio.

	Control	*Fuerza*	*Resistencia*	*Mixto*
	n = 15	***N = 17***	***N = 16***	***n = 14***
Edad (años)	62 ± 6	66 ± 6	66 ± 8	60 ± 9
FVC (ml)	2598 ± 688	2544 ± 491	2506 ± 609	2384 ± 558
FVC (%)	70 ± 15	72 ± 13	71 ± 19	67 ± 13
FEV1 (ml)	1070 ± 364	1124 ± 404	1132 ± 342	936 ± 400
FEV1 (%)	37 ± 13	40 ± 14	41 ± 11	33 ± 12
FEV1/FVC	42 ± 13	44 ± 12	45 ± 9	40 ± 10
TLC (ml)	6772 ± 951	7069 ± 1113	7261 ± 1349	6850 ± 1217
TLC (%)	108 ± 15	113 ± 16	120 ± 28	117 ± 20
FRC (ml)	5219 ± 723	5512 ± 1443	5779 ± 1476	5515 ± 1264
FRC (%)	155 ± 21	161 ± 42	172 ± 48	173 ± 34
RV (ml)	4171 ± 767	4568 ± 1330	4817 ± 1469	4571 ± 1171
RV (%)	181 ± 36	191 ± 63	202 ± 64	212 ± 51
PaO_2 (mmHg)	67 ± 8	71 ± 7	65 ± 10	73 ± 9
$PaCO_2$ (mmHg)	43 ± 6	44 ± 7	45 ± 7	44 ± 6

Tabla II: Pruebas funcionales basales de los diferentes grupos (media ± DE). * p < 0,05 respecto al grupo control.

	Controles *N=15*	*Entrenados* *N=47*
Edad	62 ± 6	64 ± 8
FVC (ml)	2598 ± 688	2483 ± 545
FVC (%)	70 ± 15	70 ± 15
FEV1 (ml)	1170 ± 364	1070 ± 385
FEV1 (%)	37 ± 13	38 ± 13
FEV1/FVC	42 ± 13	43 ± 10
TLC (ml)	6772 ± 951	7074 ± 1214
TLC (%)	108 ± 15	117 ± 42
FRC (ml)	5219 ± 723	5608 ± 1380
FRC (%)	155 ± 21	169 ± 42
RV (ml)	4171 ± 767	4657 ± 1314
RV(%)	181 ± 36	201 ± 60
PaO_2 (mmHg)	67 ± 8	69 ± 9
$PaCO_2$ (mmHg)	43 ± 6	44 ± 7

Tabla III: Pruebas funcionales basales del grupo control y de los pacientes entrenados (media ± DE). * p < 0,05.

	Controles *N =15*		*Entrenados* *N = 47*	
	Basal	***Post.***	***Basal***	***Post.***
FVC (ml)	2598 ± 688	2591 ± 626	2483 ± 545	2444 ± 546
FVC (%)	70 ± 15	70 ± 16	70 ± 15	68 ± 16
FEV1 (ml)	1070 ± 364	1118 ± 362	1070 ± 385	1090 ± 460
FEV1 (%)	37 ± 13	38 ± 13	38 ± 13	38 ± 14
FEV1/FVC	42 ± 13	43 ± 11	43 ± 10	43 ± 11
PaO_2 (mmHg)	67 ± 8	68 ± 10	69 ± 9	68 ± 11
$PaCO_2$ (mmHg)	43 ± 6	44 ± 7	44 ± 7	44 ± 6

Tabla IV: Comparación entre los valores basales y postentrenamiento de las pruebas funcionales del grupo control y en los pacientes entrenados (media ± DE). * p < 0,05, respecto al valor basal.

	Controles *N =15*		*Entrenados* *N = 47*	
	Basal	***Post.***	***Basal***	***Post.***
VE max (l/min)	36,2 ± 13	36,9 ± 10,4	37,8 ± 11,4	41,1 ± 11,7*
VO_2max (l/min)	1,3 ± 0,59	1,31 ± 0,49	1,3 ± 0,41	1,42 ± 0,39*
VO_2max (%)	59 ± 17	61 ± 18	63 ± 16	70 ± 16*
W max (w)	53 ± 31	56 ± 28	44 ± 18	51 ± 17*
W max (%)	36 ± 21	39 ± 21	31 ± 13	36 ± 13*

Tabla V: Comparación entre los valores basales y postentrenamiento de los pacientes controles y de los entrenados (media ± DE). * p < 0,05, respecto a su valor basal.

	Controles *N = 15*		*Entrenados* *N = 47*	
	Basal	***Post.***	***Basal***	***Post***
Nivel	7 ± 1,3	7,3 ± 1,5	6,8 ± 1,6	7,5 ± 1,8*
Distancia (m)	460 ± 137	503 ± 161	450 ± 152	521 ± 192*

Tabla VI: Comparación entre el nivel y la distancia caminada en la prueba del Shuttle Walking Test (SWT) en situación basal y tras entrenamiento, para controles y pacientes entrenados (media ± DE). * p < 0,05, respecto al valor basal.

	Controles		*Entrenados*	
	Basal	***Post.***	***Basal***	***Post.***
Endurace (min)	25,2 ± 19,3	29,6 ± 23,2	31,6 ± 21,4	53,1 ± 25,7*
Chest Pulls (Kg)	44 ± 11	48 ± 10*	40 ± 10	52 ± 9*
Butterfly (Kg)	22 ± 8	24 ± 8*	17 ± 5	25 ± 7*
Neck press (Kg)	24 ± 8	26 ± 8*	21 ± 4	28 ± 7*
Leg Flexion (Kg)	19 ± 6	20 ± 6	16 ± 5	27 ± 8*
Leg Extension (Kg)	41 ± 10	45 ± 11*	37 ± 10	52 ± 11*

Tabla VII: Valores basales y postentrenamiento del grupo control y de los entrenados de la endurance (minutos) y del 1 RM (Kg) (media ± DE). * p > 0,05, respecto al valor basal.

	Controles	*Entrenados*	*p*
Endurance (min)	4,4 ± 22,1	21,6 ± 20,6	0,001
Chest pulls (kg)	3,5 ± 3,8	12,2 ± 7,5	0,001
Butterfly (Kg)	1,7 ± 2,6	8,4 ± 5,7	0,001
Neck press (Kg)	2,2 ± 3,5	6,3 ± 4,7	0,001
Leg flexion (Kg)	1,2 ± 3,8	11,5 ± 6,8	0,001
Leg extension (Kg)	3,8 ± 6,8	15,5 ± 8,6	0,001

Tabla VIII: Comparación de los incrementos logrados en el test de endurance (minutos) y en el test del 1 RM en cada uno de los 5 ejercicios controlados en la estación multigimnástica, tanto en el grupo control como en los entrenados (media ± DE).

	Controles *N=15*		*Entrenados* *N = 47*	
	Basal	***Post.***	***Basal***	***Post.***
MT	1,7 ± 0,9	1,9 ± 1	1,8 ± 0,8	2,3 ± 0,8*
IF	1,9 ± 1	1,9 ± 1	1,9 ± 0,9	2,3 ± 1*
ME	2,1 ± 1	2,2 ± 1	2 ± 0,8	2,5 ± 0,9*

Tabla IX: Comparación entre valores basales y postentrenamiento de los diferentes items de la escala de disnea de Mahler. MT (Magnitud de la tarea), IF (incapacidad funcional) y ME (Magnitud del esfuerzo) (media ± DE). * p < 0,05, respecto al valor basal.

	Controles *N =15*		*Entrenados* *N = 47*	
	Basal	***Post.***	***Basal***	***Post.***
D	3,1 ± 0,9	3,6 ± 1,2*	3,5 ± 1	4,3 ± 1,1*
F	4,6 ± 1,1	4,6 ± 1,1	4,6 ± 1,3	5,2 ± 1*
FE	4,6 ± 1,5	4,8 ± 1,2	4,8 ± 1,2	5,2 ± 1*
CE	4,7 ± 1,9	4,8 ± 1,9	5,2 ± 1,3	5,6 ± 1,1*

Tabla X: Comparación entre los valores basales y postentrenamiento de los diferentes items del test de calidad de vida del CQRD. Disnea (D), Fatiga (F), Función emocional (FE) y Control de la enfermedad (CE) (media ± DE). * p < 0,05, respecto al valor basal.

		Basal	*3 meses*	*P(B,3m)*
FUERZA	FVC (ml)	2544 ± 491	2396 ± 551	NS
N = 17	FVC (%)	72 ± 13	67 ± 15	NS
	FEV1 (ml)	1124 ± 404	1146 ± 555	NS
	FEV1 (%)	40 ± 14	37 ± 13	NS
	FEV1/FVC	44 ± 12	43 ± 11	NS
	PaO_2 (mmHg)	71 ± 7	69 ± 9	NS
	$PaCO_2$ (mmHg)	44 ± 7	44 ± 8	NS
RESISTENCIA	FVC (ml)	2506 ± 609	2573 ± 429	NS
N = 16	FVC (%)	71 ± 20	71 ± 13	NS
	FEV1 (ml)	1132 ± 342	1164 ± 366	NS
	FEV1 (%)	41 ± 11	42 ± 12	NS
	FEV1/FVC	45 ± 9	45 ± 11	NS
	PaO_2 (mmHg)	65 ± 10	66 ± 12	NS
	$PaCO_2$ (mmHg)	45 ± 7	45 ± 6	NS
MIXTOS	FVC (ml)	2384 ± 558	2354 ± 662	NS
N = 14	FVC (%)	67 ± 13	66 ± 19	NS
	FEV1 (ml)	936 ± 400	936 ± 424	NS
	FEV1 (%)	33 ± 12	33 ± 14	NS
	FEV1/FVC	40 ± 10	40 ± 13	NS
	PaO_2 (mmHg)	73 ± 9	71 ± 11	NS
	$PaCO_2$ (mmHg)	44 ± 6	43 ± 4	NS

Tabla XI: Comparación entre la pruebas funcionales basales y tras entrenamiento de los diferentes grupos (media ± DE).

	F	*p(F,R)*	*R*	*p(R,M)*	*M*	*p(F,M)*
FVC (%)	- 5 ± 10	NS	1 ± 17	NS	-1 ± 16	NS
FEV1 (%)	- 3 ± 6	NS	1 ± 10	NS	0 ± 9	NS
FEV1/FVC	-1 ± 7	NS	0 ± 5	NS	0 ± 5	NS
PaO_2 (mmHg)	-3 ± 7	NS	1 ± 9	NS	-2 ± 8	NS
$PaCO_2$ (mmHg)	0 ± 4	NS	0 ± 4	NS	0 ± 4	NS

Tabla XII: Comparación entre los incrementos obtenidos en las pruebas funcionales respiratorias con cada modalidad de entrenamiento: Fuerza (F), Resistencia (R) y Mixto (M) (media ± DE).

		Basal	*3 meses*	*P(B,3m)*
FUERZA	VE max (l/min)	39 ± 15,6	42,6 ± 14,1	NS
N = 17	VO_2max (l/min)	1,3 ± 0,52	1,43 ± 0,43	NS
	VO_2max (%)	66 ± 20	75 ± 18	NS
	W max (w)	50 ± 19	55 ± 20	NS
	W max (%)	35 ± 13	39 ± 15	NS
RESISTENCIA	VE max (l/min)	36,3 ± 8,7	42 ± 11,2	0,013
N = 16	VO_2max (l/min)	1,32 ± 0,4	1,48 ± 0,44	0,038
	VO_2max (%)	63 ± 17	70 ± 18	0,033
	W max (w)	39 ± 18	50 ± 18	0,012
	W max (%)	28 ± 13	35 ± 13	0,009
MIXTO	VE max (l/min)	38,1 ± 8,2	38,4 ± 9,1	NS
N = 14	VO_2max (l/min)	1,26 ± 0,26	1,34 ± 0,26	NS
	VO_2max (%)	61 ± 9	64 ± 10	NS
	W max (w)	41 ± 16	46 ± 9	NS
	W max (%)	30 ± 13	33 ± 8	NS

Tabla XIII: Comparación entre parámetros de esfuerzo máximo: ventilación minuto (VE max), consumo de oxígeno (VO_2 max) y potencia alcanzada (W max). Basalmente y a los 3 meses del inicio del programa en los pacientes de los grupos sometidos a entrenamiento (media ± DE).

	F	*p(F,R)*	*R*	*p(R,M)*	*M*	*p(F,M)*
VE max (l/min)	3,6 ± 11,6	NS	5,6 ± 8,2	0,04	0,3 ± 6	NS
VO_2 max (l/min)	0,13 ± 0,35	NS	0,15 ± 0,28	NS	0,08 ± 0,18	NS
VO_2 max (%)	10 ± 20	NS	7 ± 15	NS	4 ± 11	NS
W max (vatios)	5 ± 12	NS	11 ± 12	NS	5 ± 17	NS
W max (%)	4 ± 9	NS	8 ± 9	NS	4 ± 12	NS

Tabla XIV: Incrementos logrados en los diversos parámetros de esfuerzo máximo analizados (VE: ventilación/minuto, VO_2: consumo de oxígeno y W: potencia) en cada uno de las modalidades de entrenamiento: fuerza (F), resitencia (R) y mixto (M) (media ± DE).

	N = 17	*Basal*	*3 meses*	*P(B,3m)*
FUERZA	Nivel	6,9 ± 1,8	8 ± 1,7	0,008
N = 17	Distancia (m)	457 ± 150	561 ± 204	0,015
RESISTENCIA	Nivel	6,9 ± 1,5	7,3 ± 1,9	NS
N = 16	Distancia (m)	457 ± 172	501 ± 214	NS
MIXTO	Nivel	6,6 ± 1,6	7,2 ± 1,8	NS
N = 14	Distancia (m)	434 ± 141	493 ± 155	NS

Tabla XV: Comparación entre nivel alcanzado y distancia recorrida en el Shuttle Walking Test (SWT), basal y a los 3 meses del inicio del programa en los pacientes de los grupos entrenados (media ± DE).

	F	*p(F,R)*	*R*	*p(R,M)*	*M*	*P(M,F)*
Nivel	1,12 ± 1,41	NS	0,4 ± 0,99	NS	0,57 ± 1,5	NS
Distancia (metros)	104 ± 158	NS	39 ± 99	NS	59 ± 145	NS

Tabla XVI: Comparación entre los incrementos logrados en el Shuttle Walking Test (SWT) con las diferentes modalidades de entrenamiento: fuerza (F), Resistencia (R) y Mixto (M) (media ± DE).

	N = 17	*Basal*	*3 meses*	*P(3m,6m)*
FUERZA	Endurace (min)	35,3 ± 22,8	43,6 ± 21,5	0,015
N = 17	Chest pull (kg)	39 ± 10	55 ± 9	0,001
	Butterfly (kg)	16 ± 5	28 ± 6	0,001
	Neck press (kg)	21 ± 5	30 ± 7	0,001
	Leg flex. (kg)	15 ± 5	31 ± 6	0,001
	Leg ext. (kg)	36 ± 13	55 ± 11	0,001
RESISTENCIA	Endurace (min)	33,4 ± 20,3	67 ± 21,2	0,001
N = 16	Chest pull (kg)	43 ± 8	48 ± 10	0,001
	Butterfly (kg)	19 ± 4	22 ± 8	0,02
	Neck press (kg)	21 ± 4	22 ± 6	0,02
	Leg flex. (kg)	15 ± 5	20 ± 6	0,001
	Leg ext. (kg)	39 ± 8	47 ± 9	0,001
MIXTO	Endurace (min)	24,9 ± 20,8	48,9 ± 29,7	0,001
N = 14	Chest pull (kg)	38 ± 10	53 ± 9	0,001
	Butterfly (kg)	16 ± 5	25 ± 6	0,001
	Neck press (kg)	22 ± 4	30 ± 6	0,001
	Leg flex. (kg)	17 ± 6	32 ± 5	0,001
	Leg ext. (kg)	36 ± 11	55 ± 10	0,001

Tabla XVII: Comparación entre parámetros de resistencia (test de endurance expresado en minutos) y fuerza muscular periférica (determinado por los Kg obtenidos en el test del 1 RM) esfuerzo máximo, en los 5 ejercicios controlados, chest pull (CP), buterfly (B), neck press (NP), leg flexion (LF) y leg extensión (LE): basal y a los 3 meses del inicio del programa en los pacientes sometidos a las diferentes modalidades de entrenamiento (media ± DE).

	F	*p(F,R)*	*R*	*p(R,M)*	*M*	*p(M,F)*
Endurance (min)	8,3 ± 15,9	0,001	33,6 ± 20,6	NS	24 ± 17	0,017
CP (Kg)	16 ± 6	0,001	5 ± 3	0,001	16 ± 7	NS
B (Kg)	12 ± 4	0,001	3 ± 6	0,001	9 ± 4	0,017
NP (Kg)	8 ± 3	0,001	1 ± 3	0,001	8 ± 5	NS
LF (Kg)	16 ± 5	0,001	5 ± 4	0,001	14 ± 5	NS
LE (Kg)	19 ± 8	0,001	8 ± 6	0,001	19 ± 5	NS

Tabla XVIII: Comparación entre los incrementos logrados en resistencia (minutos) y fuerza muscular (Kg), determinada por el test del 1 RM en cada uno de los 5 ejercicios controlados (Chest pulls (CP), Butterfly (B), Neck press (NP), Leg flexion (LF) y leg extension (LE)) con las diferentes modalidades de entrenamiento (media ± DE).

	N = 17	*Basal*	*3 meses*	*P(B,3m)*
FUERZA	MT	1,6 ± 0,6	2,1 ± 0,8	0,011
N = 17	IF	1,7 ± 0,9	2,1 ± 1,1	0,034
	ME	1,7 ± 0,7	2,4 ± 0,9	0,005
RESISTENCIA	MT	2,1 ± 0,9	2,4 ± 0,7	0,034
N = 16	IF	1,9 ± 0,9	2,7 ± 0,8	0,011
	ME	2,2 ± 0,9	2,6 ± 0,6	0,02
MIXTO	MT	1,9 ± 0,8	2,4 ± 0,8	0,008
N = 14	IF	2,2 ± 1,1	2,5 ± 1,2	NS
	ME	2,1 ± 0,9	2,6 ± 1,1	0,008

Tabla XIX: Comparación entre los diferentes items de la escala de disnea de Mahler: magnitud de la tarea (MT), incapacidad funcional (IF) y magnitud del esfuerzo (ME) basalmente y a los 3 meses del inicio del programa en los pacientes sometidos a las diferentes modalidades de entrenamiento (media ± DE).

	F	*p(F,R)*	*R*	*p(R,M)*	*M*	*p(M,F)*
MT	0,5 ± 0,6	NS	0,4 ± 0,6	NS	0,5 ± 0,5	NS
IF	0,4 ± 0,8	NS	0,5 ± 0,6	NS	0,3 ± 0,6	NS
ME	0,7 ± 0,8	NS	0,4 ± 0,6	NS	0,5 ± 0,5	NS

Tabla XX: Comparación entre los incrementos logrados con cada modalidad de entrenamiento en la escala de disnea de Mahler: Magnitud de la tarea (MT), Incapacidad fincional (IF) y Magnitud del esfuerzo (ME) (media ± DE).

		Basal	*3 meses*	*P(B,3m)*
FUERZA	D	3,4 ± 0,7	4,2 ± 1,1	0,011
N = 17	F	4,1 ± 1,2	5 ± 1	0,005
	FE	4,3 ± 1,1	5,1 ± 0,9	0,002
	CE	5 ± 1,1	5,4 ± 1	NS
RESISTENCIA	D	3,5 ± 1	4,3 ± 1,1	0,008
N = 16	F	4,6 ± 1,5	5,1 ± 1	0,029
	FE	4,8 ± 1,5	4,9 ± 1,1	NS
	CE	5,1 ± 1,5	5,4 ± 1,1	NS
MIXTO	D	3,6 ± 1,3	4,3 ± 1,2	0,002
N = 14	F	5,1 ± 0,9	5,5 ± 0,8	NS
	FE	5,5 ± 0,7	5,8 ± 0,6	NS
	CE	5,6 ± 1,3	5,9 ± 1,1	NS

Tabla XXI: Comparación entre los diferentes items del test de calidad de vida del CRQD: disnea (D), fatiga (F), función emocional (FE) y control de enfermedad (CE), basalmente y a los 3 meses del inicio del programa en los pacientes de los grupos sometidos a entrenamiento (media ± DE).

	F	*p(F,R)*	*R*	*p(R,M)*	*M*	*p(M,F)*
D	0,8 ± 1,2	NS	0,8 ± 1	NS	0,7 ± 0,8	NS
F	0,9 ± 1,2	NS	0,6 ± 1,1	NS	0,4 ± 1	NS
FE	0,7 ± 0,9	NS	0,1 ± 0,9	NS	0,3 ± 0,5	NS
CE	0,4 ± 0,9	NS	0,3 ± 1,2	NS	0,3 ± 0,6	NS

Tabla XXII: Comparación de los incrementos logrados con cada modalidad de entrenamientos en el test de calidad de vida del CQRD. Disnea (D), Fatiga (F), Función emocional (FE) y Control de enfermedad (CE) (media ± DE).

	6 meses *N = 48*		*3 meses* *n = 72*	
N = 48	***Media***	***DE***	***Media***	***DE***
Edad (años)	64	8	63,7	7,6
FVC (ml)	2539	604	2511	579
FVC (%)	71	16	70	15
FEV1 (ml)	1084	389	1070	377
FEV1 (%)	39	13	38	13
FEV1/FVC	43	10	43	11
TLC (ml)	7022	1161	7002	1157
TLC (%)	115	19	115	20
FRC (ml)	5485	1252	5516	1261
FRC (%)	165	37	165	38
RV (ml)	4509	1178	4542	1219
RV (%)	195	55	196	55
PaO_2 (mmHg)	70	9	69	9
$PaCO_2$ (mmHg)	43	6	44	6

Tabla XXIII: Comparación entre las pruebas funcionales respiratorias (media y desviación estándar DE) de los 48 pacientes que realizaron los tres controles (basal, postentrenamiento y a los 3 meses de la finalización del mismo) con los pacientes que realizaron en programa de entrenamiento (control basal y postentrenamiento) (* $p < 0,05$).

	CONTROLES *N = 10*			*ENTRENADOS* *N = 38*		
	Basal	***6 meses***	***P(B,6m)***	***basal***	***6 meses***	***P(B,6m)***
FVC (ml)	2682 ± 757	2681 ± 661	NS	2502 ± 563	2522 ± 528	NS
FVC (%)	72 ± 15	68 ± 12	NS	71 ± 16	72 ± 14	NS
FEV1 (ml)	1149 ± 410	1114 ± 364	NS	1067 ± 387	1125 ± 475	NS
FEV1 (%)	40 ± 14	38 ± 13	NS	39 ± 13	39 ± 13	NS
FEV1/FVC	43 ± 10	43 ± 11	NS	43 ± 10	42 ± 11	NS
PaO_2 (mmHg)	68 ± 9	70 ± 11	NS	70 ± 9	69 ± 10	NS
$PaCO_2$ (mmHg)	43 ± 6	45 ± 7	NS	43 ± 7	43 ± 7	NS

Tabla XXIV: Comparación entre la pruebas funcionales, basales y a los 3 meses de la finalización del programa, en los pacientes del grupo control y en los entrenados (media ± DE).

	CONTROLES *N = 10*			*ENTRENADOS* *N = 38*		
N = 10	***basal***	***6 meses***	***P(B,6m)***	***basal***	***6 meses***	***P(B,6m)***
VE max (l/min)	38 ± 15,6	35,6 ± 12,5	NS	37,6 ± 11,9	39 ± 13,4	NS
VO_2max (l/min)	1,39 ± 0,7	1,24 ± 0,46	NS	1,25 ± 0,4	1,28 ± 0,38	NS
VO_2max (%)	59 ± 20	61 ± 23	NS	63 ± 16	66 ± 18	NS
W max (w)	59 ± 36	44 ± 21	0,048	44 ± 19	46 ± 17	NS
W max (%)	40 ± 24	31 ± 15	NS	32 ± 13	33 ± 12	NS

Tabla XXV: Comparación entre parámetros de esfuerzo máximo: ventilación minuto (VE max), consumo de oxígeno (VO_2 max) y potencia alcanzada (W max), basal y a los 3 meses de la finalización del programa, en los pacientes del grupo control y en los entrenados (media ± DE).

	CONTROLES *N = 10*			*ENTRENADOS* *N = 38*		
	basal	***6 meses***	***P(B,6m)***	***basal***	***6 meses***	***P(B,6m)***
Nivel	7,2 ± 1,4	7,8 ± 1,7	NS	6,8 ± 1,7	7,4 ± 1,8	0,018
Distancia (m)	476 ± 152	558 ± 216	NS	450 ± 158	508 ± 181	0,042

Tabla XXVI: Comparación entre nivel alcanzado y distancia recorrida en el Shuttle Walking Test (SWT), basal y a los 3 meses de la finalización del programa, en los pacientes del grupo control y en los entrenados (media ± DE).

	CONTROLES *N = 10*			*ENTRENADOS* *N = 38*		
	basal	***6 meses***	***P(B,6m)***	***basal***	***6 meses***	***P(B,6m)***
Endurace	25,9 ± 19,8	27,6 ± 13,7	NS	32,6 ± 22	49,9 ± 24	0,001
Chest pull	46 ± 13	49 ± 12	0,028	39 ± 10	49 ± 9	0,001
Butterfly	22 ± 9	24 ± 10	NS	16 ± 5	21 ± 6	0,001
Neck press	24 ± 9	28 ± 9	0,018	21 ± 5	25 ± 6	0,001
Leg flex.	19 ± 6	21 ± 8	NS	16 ± 5	26 ± 7	0,001
Leg ext.	42 ± 12	44 ± 11	NS	36 ± 11	50 ± 13	0,001

Tabla XXVII: Comparación entre parámetros de resistencia (test de endurance expresado en minutos) y fuerza muscular periférica (determinado por los Kg obtenidos en el test del 1 RM), en los 5 ejercicios controlados: chest pull (CP), buterfly (B), neck press (NP), leg flexion (LF) y leg extensión (LE). Basal y a los 3 meses de la finalización del programa en los pacientes del grupo control y en los entrenados (media ± DE).

	CONTROLES *N = 10*			*ENTRENADOS* *N = 38*		
	basal	***6 meses***	***P(B,6m)***	***basal***	***6 meses***	***P(B,6m)***
MT	1,9 ± 0,9	2 ± 0,9	NS	1,8 ± 0,7	2,4 ± 0,9	0,001
IF	2 ± 0,9	2,1 ± 1,2	NS	2 ± 1	2,4 ± 1	0,002
ME	2,1 ± 0,9	2,3 ± 1	NS	2 ± 0,9	2,4 ± 0,9	0,001

Tabla XXVIII: Comparación entre los diferentes items de la escala de disnea de Mahler: magnitud de la tarea (MT), incapacidad funcional (IF) y magnitud del esfuerzo (ME). Basales y a los 3 meses de la finalización del programa en los pacientes del grupo control (media ± DE).

	CONTROLES *N = 10*			*ENTRENADOS* *N = 38*		
	basal	***6 meses***	***P(B,6m)***	***basal***	***6 meses***	***P(B,6m)***
D	3,2 ± 1	3,5 ± 1,2	0,027	3,4 ± 0,9	4,5 ± 1,2	0,001
F	4,7 ± 1,1	4,3 ± 1,3	NS	4,6 ± 1,3	5,1 ± 1	0,011
FE	4,7 ± 1,7	4,9 ± 1,4	NS	4,8 ± 1,2	5,4 ± 1	0,001
CE	4,6 ± 1,8	4,9 ± 1,7	NS	5,3 ± 1,3	5,7 ± 0,9	0,014

Tabla XXIX: Comparación entre los diferentes items del test de calidad de vida del CRQD: disnea (D), fatiga (F), función emocional (FE) y control de enfermedad (CE). Basales y a los 3 meses de la finalización del programa en los pacientes del grupo control y de los entrenados (media ± DE).

		3 meses	*6 meses*	*P(3m,6m)*
FUERZA	FVC (ml)	2414 ± 564	2538 ± 568	NS
N = 16	FVC (%)	67 ± 15	71 ± 16	NS
	FEV1 (ml)	1161 ± 570	1217 ± 554	NS
	FEV1 (%)	38 ± 14	40 ± 13	NS
	FEV1/FVC	43 ± 11	43 ± 9	NS
	PaO_2 (mmHg)	69 ± 9	71 ± 9	NS
	$PaCO_2$ (mmHg)	44 ± 8	43 ± 7	NS
RESISTENCIA	FVC (ml)	2640 ± 469	2595 ± 438	NS
N = 10	FVC (%)	74 ± 14	75 ± 11	NS
	FEV1 (ml)	1175 ± 385	1180 ± 418	NS
	FEV1 (%)	44 ± 14	45 ± 15	NS
	FEV1/FVC	44 ± 12	45 ± 14	NS
	PaO_2 (mmHg)	64 ± 12	65 ± 12	NS
	$PaCO_2$ (mmHg)	44 ± 7	44 ± 8	NS
MIXTO	FVC (ml)	2345 ± 699	2439 ± 575	NS
N = 12	FVC (%)	67 ± 21	69 ± 13	NS
	FEV1 (ml)	931 ± 438	955 ± 388	NS
	FEV1 (%)	33 ± 15	34 ± 11	NS
	FEV1/FVC	39 ± 11	39 ± 10	NS
	PaO_2 (mmHg)	70 ± 10	68 ± 9	NS
	$PaCO_2$ (mmHg)	44 ± 5	42 ± 6	NS

Tabla XXX: Comparación entre la pruebas funcionales del grupo de pacientes entrenados, a los 3 y a los 6 meses del inicio del programa (media ± DE).

	F	*p(F,R)*	*R*	*p(R,M)*	*M*	*p(F,M)*
FVC (%)	4 ± 10	NS	-2 ± 19	NS	2 ± 17	NS
FEV1 (%)	2 ± 4	NS	1 ± 13	NS	0 ± 13	NS
FEV1/FVC	0 ± 7	NS	1 ± 10	NS	0 ± 3	NS
PaO_2 (mmHg)	-4 ± 8	NS	0 ± 6	NS	-2 ± 8	NS
$PaCO_2$ (mmHg)	-2 ± 3	NS	1 ± 4	NS	0 ± 4	NS

Tabla XXXI: Comparación entre los incrementos a los 3 meses de la finalización del programa de ejercicios, obtenidos en las pruebas funcionales respiratorias con cada modalidad de entrenamiento: Fuerza (F), Resistencia (R) y Mixto (M) (media ± DE).

		3 meses	*6 meses*	*P(3m,6m)*
FUERZA	VE max (l/min)	43,2 ± 14,3	40,6 ± 15,8	NS
N = 16	VO_2max (l/min)	1,44 ± 0,44	1,3 ± 0,43	0,032
	VO_2max (%)	76 ± 18	68 ± 20	0,034
	W max (w)	55 ± 21	48 ± 20	0,017
	W max (%)	39 ± 15	34 ± 14	0,017
RESISTENCIA	VE max (l/min)	40 ± 12,5	40 ± 13,2	NS
N = 10	VO_2max (l/min)	1,3 ± 0,38	1,31 ± 0,32	NS
	VO_2max (%)	68 ± 19	69 ± 17	NS
	W max (w)	52 ± 20	45 ± 16	0,065
	W max (%)	39 ± 15	33 ± 12	0,035
MIXTO	VE max (l/min)	35,7 ± 6,3	35,7 ± 10,1	NS
N = 12	VO_2max (l/min)	1,31 ± 0,27	1,24 ± 0,39	NS
	VO_2max (%)	64 ± 10	58 ± 12	NS
	W max (w)	47 ± 10	43 ± 13	NS
	W max (%)	34 ± 8	32 ± 10	NS

Tabla XXXII: Comparación entre parámetros de esfuerzo máximo: ventilación minuto (VE max), consumo de oxígeno (VO_2 max) y potencia alcanzada (W max), basal y a los 6 meses del inicio del programa, en los pacientes del grupo sometido a entrenamiento a fuerza (media ± DE).

	F	*p(F,R)*	*R*	*p(R,M)*	*M*	*p(F,M)*
VE max (l/min)	-2,6 ± 8,6	NS	0 ± 2,9	NS	0,2 ± 5,9	NS
VO_2 max (l/min)	-0,14 ± 0,26	NS	0 ± 0,28	NS	0 ± 0,24	NS
VO_2 max (%)	-8 ± 16	NS	1 ± 12	NS	-5 ± 12	NS
W max (vatios)	-7 ± 8	NS	-7 ± 11	NS	-4 ± 7	NS
W max (%)	-5 ± 6	NS	-6 ± 8	NS	-2 ± 5	NS

Tabla XXXIII: Incrementos logrados a los 6 meses en los diversos parámetros de esfuerzo máximo analizados (VE: ventilación/minuto, VO_2: consumo de oxígeno y W: potencia) en cada uno de las modalidades de entrenamiento: fuerza (F), resitencia (R) y mixto (M) (media ± DE).

		3 meses	*6 meses*	*P(3m,6m)*
FUERZA	Nivel	8 ± 1,8	7,7 ± 1,9	NS
N = 16	Distancia	561 ± 211	532 ± 184	NS
RESISTENCIA	Nivel	7,5 ± 2,3	7 ± 1,7	NS
N = 10	Distancia	529 ± 252	479 ± 173	NS
MIXTO	Nivel	7,3 ± 1,9	7,3 ± 1,9	NS
N = 12	Distancia	500 ± 163	498 ± 193	NS

Tabla XXXIV: Comparación entre nivel alcanzado y distancia recorrida (metros) en el Shuttle Walking Test (SWT) a los 3 y a los 6 meses del inicio del programa en los pacientes entrenados (media ± DE).

	F	*p(F,R)*	*R*	*p(R,M)*	*M*	*P(M,F)*
Nivel	-0,3 ± 1,1	NS	-0,5 ± 1,2	NS	0 ± 1,1	NS
Distancia (metros)	-29 ± 97	NS	-49 ± 148	NS	-2 ± 97	NS

Tabla XXXV: Comparación entre los incrementos a los 3 meses de la finalización del programa de ejercicios logrados en el Shuttle Walking Test (SWT) con las diferentes modalidades de entrenamiento: fuerza (F), Resistencia (R) y Mixto (M) (media ± DE).

		3 meses	*6 meses*	*P(3m,6m)*
FUERZA	Endurace (min)	45,9 ± 19,9	45,1 ± 18,4	NS
N = 16	Chest pull (Kg)	55 ± 9	52 ± 8	0,025
	Butterfly (Kg)	28 ± 7	23 ± 7	0,001
	Neck press (Kg)	30 ± 7	27 ± 6	0,016
	Leg flex. (Kg)	31 ± 6	27 ± 6	0,015
	Leg ext. (Kg)	55 ± 11	52 ± 13	NS
RESISTENCIA	Endurace (min)	73,1 ± 20,2	66,6 ± 26,2	NS
N = 10	Chest pull (Kg)	45 ± 8	46 ± 9	NS
	Butterfly (Kg)	19 ± 4	18 ± 4	NS
	Neck press (Kg)	20 ± 4	20 ± 4	NS
	Leg flex. (Kg)	19 ± 6	22 ± 8	NS
	Leg ext. (Kg)	45 ± 10	43 ± 14	NS
MIXTO	Endurace (min)	50,5 ± 31,9	42,5 ± 23,8	NS
N = 12	Chest pull (Kg)	52 ± 9	48 ± 8	0,003
	Butterfly (Kg)	24 ± 6	20 ± 5	0,005
	Neck press (Kg)	30 ± 5	26 ± 5	0,005
	Leg flex. (Kg)	32 ± 5	28 ± 5	0,005
	Leg ext. (Kg)	56 ± 10	54 ± 10	0,002

Tabla XXXVI: Comparación entre parámetros de resistencia (test de endurance expresado en minutos) y fuerza muscular periférica (determinado por los Kg obtenidos en el test del 1 RM) esfuerzo máximo, en los 5 ejercicios controlados, chest pull (CP), buterfly (B), neck press (NP), leg flexion (LF) y leg extensión (LE), a los 3 y a los 6 meses del inicio del programa, en los pacientes entrenados (media ± DE).

	F	*p(F,R)*	*R*	*p(R,M)*	*M*	*p(M,F)*
Endurance (min)	-0,8 ± 13	NS	-6,5 ± 13,7	NS	-8 ± 22,6	NS
CP (Kg)	-3 ± 4	0,017	1 ± 2	0,001	-4 ± 3	NS
B (Kg)	-5 ± 3	0,01	-1 ± 2	0,025	-4 ± 4	NS
NP (Kg)	-3 ± 4	NS	0 ± 2	0,002	-4 ± 3	NS
LF (Kg)	-3 ± 6	0,001	3 ± 8	0,001	-4 ± 4	NS
LE (Kg)	-2 ± 6	NS	-2 ± 9	NS	-2 ± 5	NS

Tabla XXXVII: Comparación entre los incrementos logrados a los 6 meses en resistencia (minutos) y fuerza muscular (Kg), determinada por el test del 1 RM en cada uno de los 5 ejercicios controlados (Chest pulls (CP), Butterfly (B), Neck press (NP), Leg flexion (LF) y leg extension (LE)) con las diferentes modalidades de entrenamiento (media ± DE).

		3 meses	*6 meses*	*P(3m,6m)*
FUERZA	MT	2,1 ± 0,8	2,1 ± 1	NS
N = 16	IF	2,1 ± 1,1	2,1 ± 1	NS
	ME	2,4 ± 0,9	2,4 ± 0,8	NS
RESISTENCIA	MT	2,6 ± 0,7	2,5 ± 0,5	NS
N = 10	IF	2,7 ± 0,8	2,8 ± 0,8	NS
	ME	2,7 ± 0,7	2,5 ± 0,8	NS
MIXTO	MT	2,4 ± 0,9	2,6 ± 1	NS
N = 12	IF	2,6 ± 1,2	2,6 ± 1	NS
	ME	2,6 ± 1,2	2,5 ± 1,1	NS

Tabla XXXVIII: Comparación entre los diferentes items de la escala de disnea de Mahler: magnitud de la tarea (MT), incapacidad funcional (IF) y magnitud del esfuerzo (ME). A los 3 y a los 6 meses del inicio del programa en los pacientes del grupo entrenado (media ± DE).

	F	*p(F,R)*	*R*	*p(R,M)*	*M*	*p(M,F)*
MT	0 ± 0,6	NS	-0,1 ± 0,3	NS	0,2 ± 0,4	NS
IF	0 ± 0,4	NS	0,1 ± 0,3	NS	0,2 ± 0,4	NS
ME	0 ± 0,5	NS	-0,2 ± 0,6	NS	0 ± 0	NS

Tabla XXXIX: Comparación entre los incrementos logrados a los 3 meses de la finalización del programa de entrenamientos con cada modalidad de ejercicios en la escala de disnea de Mahler: Magnitud de la tarea (MT), Incapacidad funcional (IF) y Magnitud del esfuerzo (ME) (media ± DE).

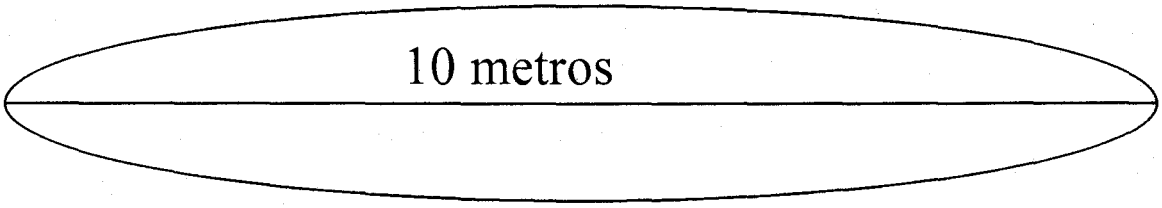
		3 meses	*6 meses*	*P(3m,6m)*
FUERZA	D	4,1 ± 1	4,4 ± 1,3	NS
N = 16	F	4,9 ± 1	4,8 ± 1,1	NS
	FE	5 ± 0,8	5,2 ± 0,9	NS
	CE	5,4 ± 1	5,5 ± 0,9	NS
RESISTENCIA	D	4,2 ± 0,7	4,5 ± 1	NS
N = 10	F	5,5 ± 0,8	5,2 ± 1,2	NS
	FE	5,2 ± 1,1	5,4 ± 1,1	NS
	CE	5,6 ± 0,9	5,7 ± 0,8	NS
MIXTO	D	4,4 ± 1,1	4,6 ± 1,1	NS
N = 12	F	5,5 ± 0,7	5,4 ± 0,7	NS
	FE	5,9 ± 0,6	6 ± 0,6	NS
	CE	5,9 ± 1	6 ± 0,8	NS

Tabla XL: Comparación entre los diferentes items del test de calidad de vida del CRQD: disnea (D), fatiga (F), función emocional (FE) y control de enfermedad (CE). A los 3 y a los 6 meses del inicio del programa en los pacientes del grupo sometido a entrenamiento (media ± DE).

	F	*p(F,R)*	*R*	*p(R,M)*	*M*	*p(M,F)*
D	0,3 ± 0,6	NS	0,3 ± 0,8	NS	0,2 ± 0,4	NS
F	-0,1 ± 0,7	NS	-0,3 ± 1,5	NS	0 ± 0,7	NS
FE	0,2 ± 0,5	NS	0,2 ± 0,7	NS	0 ± 0,4	NS
CE	0,1 ± 0,6	NS	0,1 ± 1	NS	0,2 ± 0,4	NS

Tabla XLI: Comparación de los incrementos logrados, a los 3 meses de la finalización de los ejercicios, con cada modalidad de entrenamiento en el test de calidad de vida del CQRD. Disnea (D), Fatiga (F), Función emocional (FE) y Control de enfermedad (CE) (media ± DE).

FIGURAS:



Nivel	*Metros/segundo*	*Nº de shuttles por nivel*
1	0,50	3
2	0,67	4
3	0,84	5
4	1,01	6
5	1,18	7
6	1,35	8
7	1,52	9
8	1,69	10
9	1,86	11
10	2,03	12
11	2,20	13
12	2,37	14

Figura 1: Diagrama del test de carga progresiva, el Shuttle Walking Test (SWT).

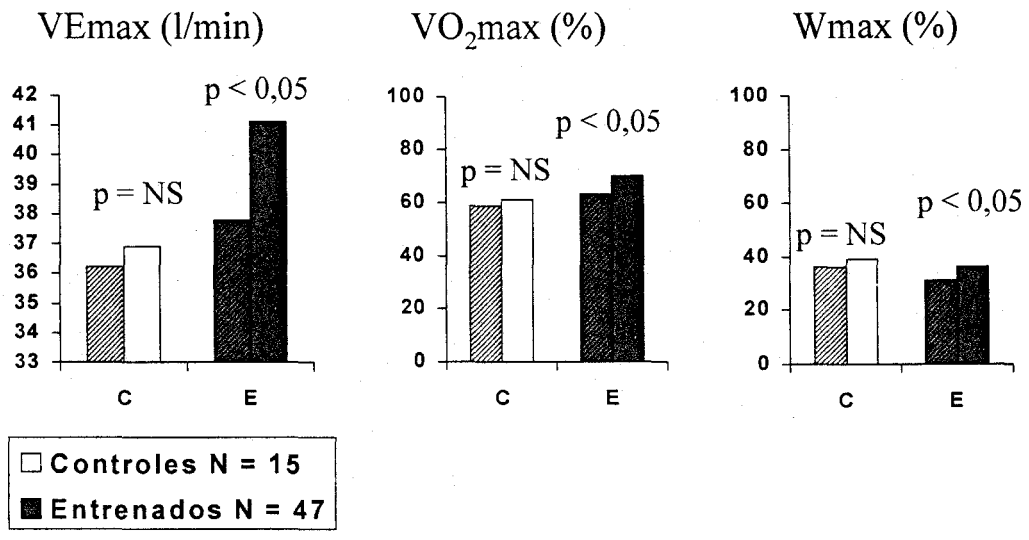


Figura 2: Valores de parámetros de esfuerzo máximo, basales y tras el entrenamiento de pacientes del grupo control (N = 15) y de los entrenados (N = 47).

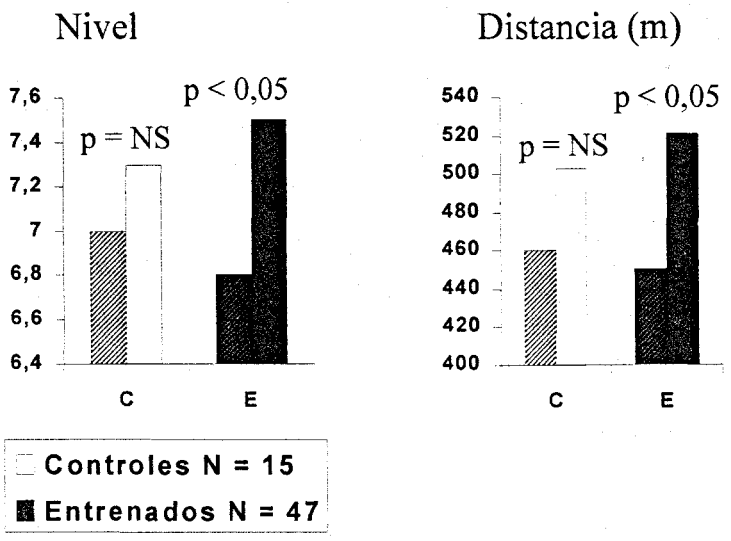


Figura 3: Valores del Shuttle Walking Test (SWT), basales y tras el entrenamiento, para el grupo de pacientes control y para los entrenados.

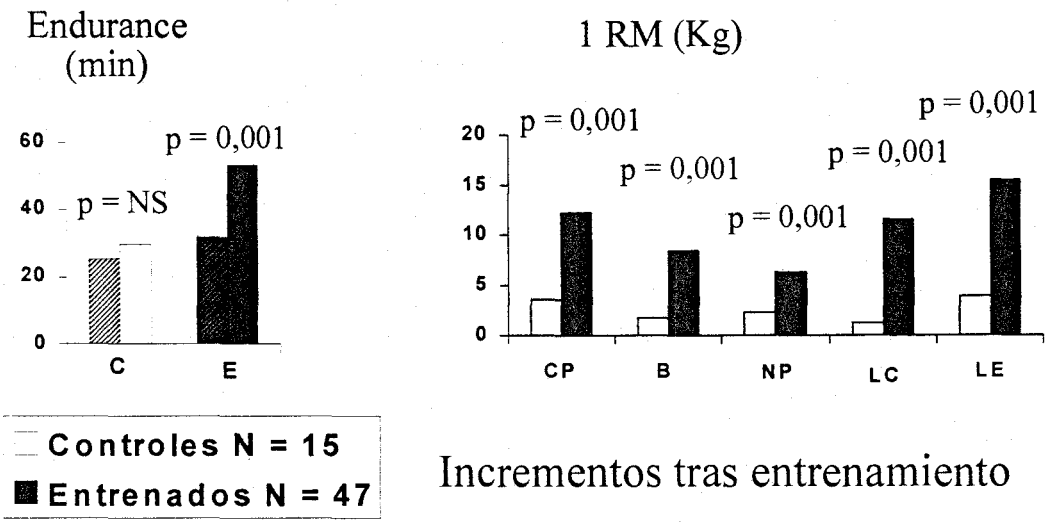


***Figura 4:** Valores basales y tras el entrenamiento de la endurance medida en minutos y de la fuerza muscular periférica, medida con el test del 1 RM y expresada en Kg, del grupo control y del sometido a entrenamiento.*

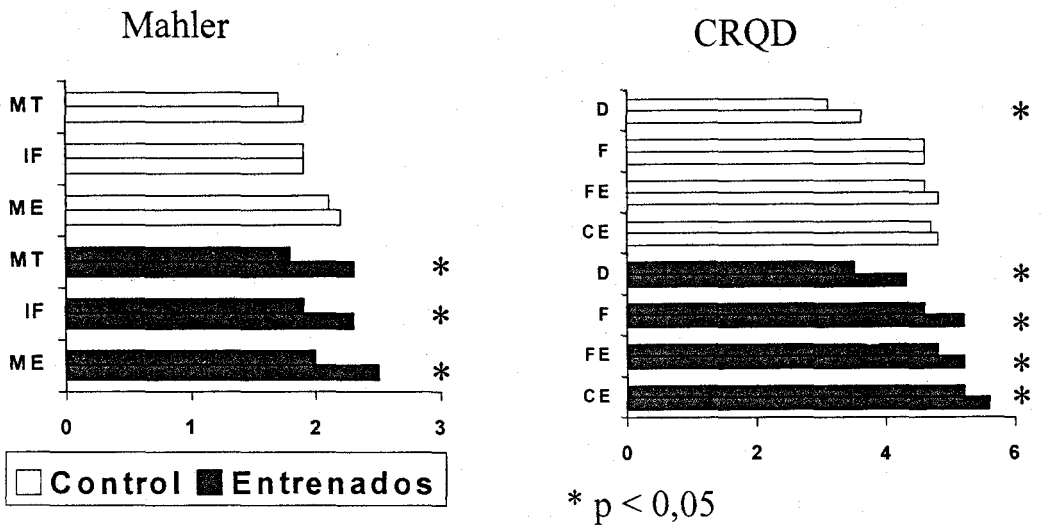


Figura 5: Valores basales y tras entrenamiento de la escala de disnea de Mahler (MT: magnitud de la tarea, IF: incapacidad funcional y ME: magnitud del esfuerzo) y del test de calidad de vida del CQRD (D: disnea, F: fatiga. FE: función emocional y CE: control de la enfermedad), para el grupo control y para los entrenados.

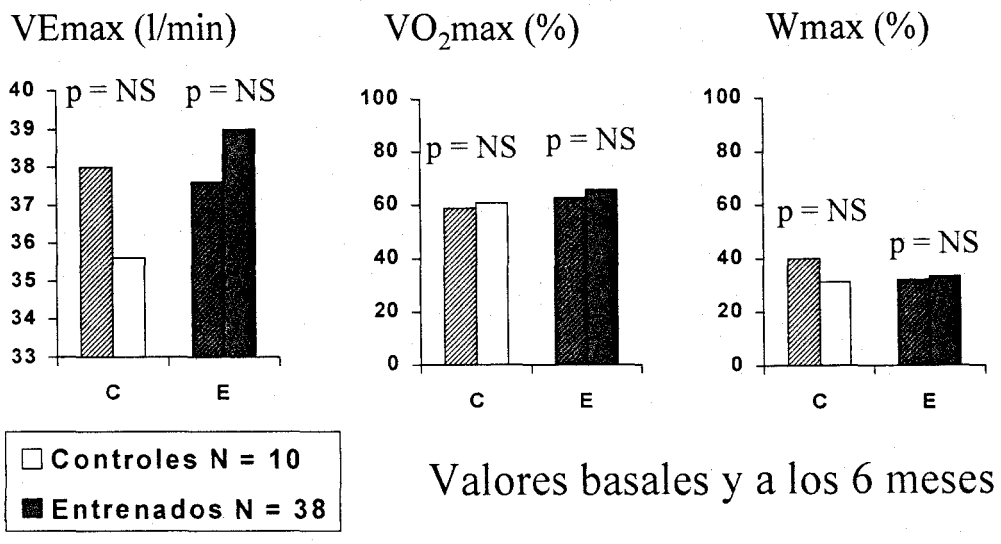


Figura 6: Valores basales y a los 6 meses en parámetros de esfuerzo máximo, en el grupo control y en el grupo de pacientes entrenados.

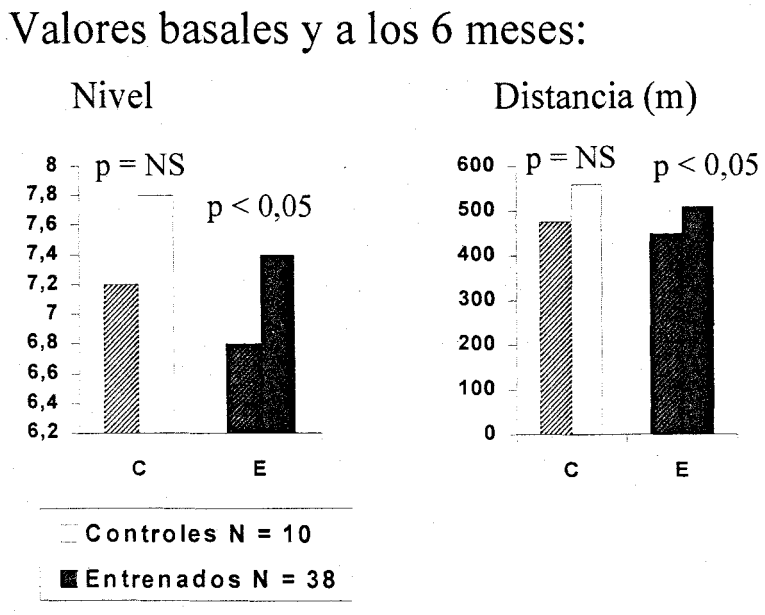


Figura 7: Valores basales y a los 6 meses del nivel y la distancia recorrida en el test del Shuttle Walking Test (SWT), tanto en el grupo control como en los pacientes entrenados,

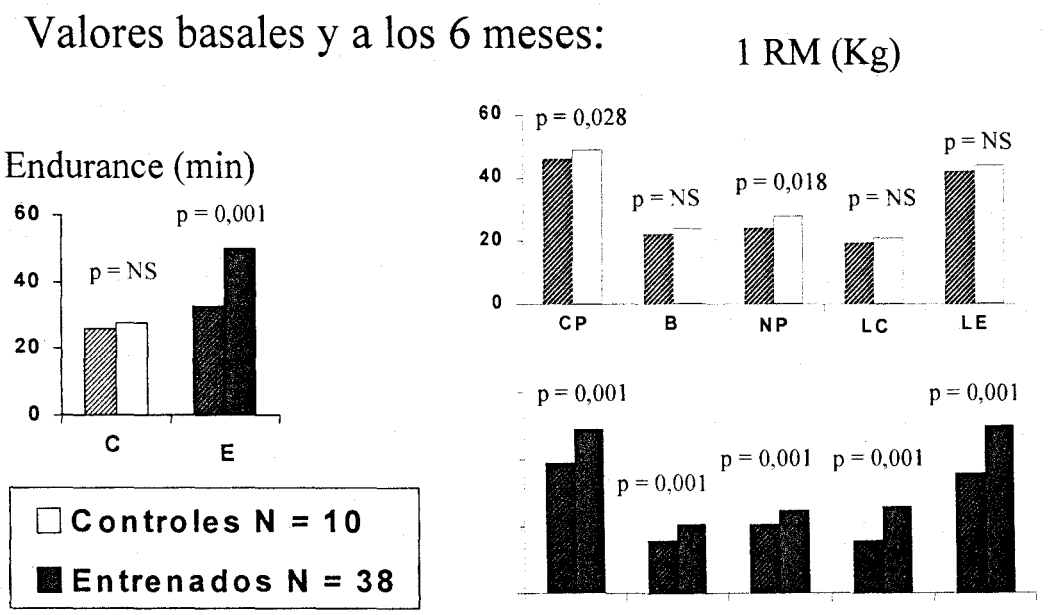


Figura 8: Valores basales y a los 6 meses de parámetros de endurance (minutos) y 1RM (Kg), de los pacientes controles y de los entrenados.

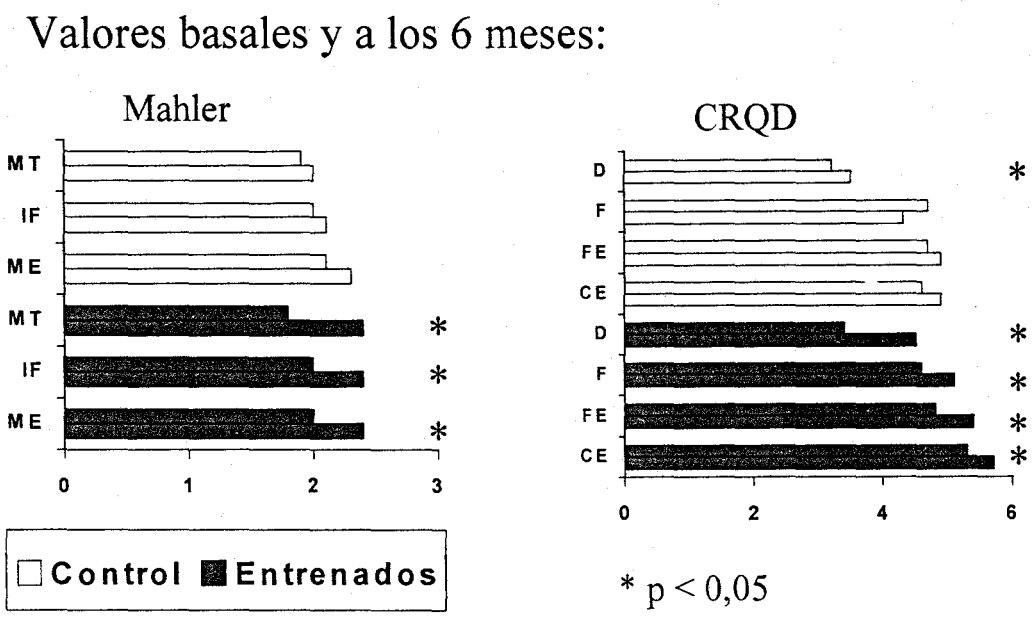


Figura 9: Valores basales y a los 6 meses de parámetros de la escala de disnea de Mahler (MT: magnitud de la tarea, IF: incapacidad funcional y ME: magnitud del esfuerzo) y del test de calidad de vida del CRQD (D: disnea, F: fatiga, FE: función emocional y CE: control de la enfermedad), del grupo control y del sometido a entrenamiento.

ANEXOS

A1. Valores funcionales basales de los pacientes participantes en el estudio. (C: control, F: entrenados a fuerza, R: entrenados a resistencia y M: entrenamiento mixto).

	FVC (ml)	*FVC (%)*	*FEV1 (ml)*	*FEV1 (%)*	*FEV1/FVC*	*FRC (ml)*	*FRC (%)*	*RV (ml)*	*RV (%)*	*PaO_2 mmHg*	*$PaCO_2$ mmHg*
C1	3010	87	1620	57	53	4730	150	3460	165	59	54
C2	2490	63	1160	38	46	3920	109	2830	109	86	41
C3	2940	85	720	27	24	6280	180	4870	208	60	37
C4	2010	73	790	38	39	5320	144	4650	176	66	44
C5	3520	90	1230	39	34	6170	179	5970	246	63	43
C6	2420	82	1350	61	58	4410	143	3830	174	72	35
C7	2690	73	1460	50	54	4790	136	3400	135	62	44
C8	2760	66	880	27	31					65	39
C9	4050	87	1650	44	41	5920	171	4180	194	74	39
C10	2800	70	780	24	27	6280	181	4860	208	66	38
C11	1740	43	950	30	55	4720	131	4010	159	63	48
C12	2270	52	650	24	29	5220	163	3930	163	53	52
C13	2875	70	1150	34	40	5170	165	4200	214	68	43
C14	1910	63	1230	51	64	4950	157	3870	173	73	44
C15	1400	44	430	17	31	4940	161	4340	212	76	37
F1	2280	66	830	31	36	6920	202	6920	202	81	42
F2	2860	85	890	33	31	5300	161	4190	183	84	39
F3	3070	90	1670	64	54	5050	156	4300	198	82	38
F4	2360	70	1190	45	50	4200	120	3530	135	63	50
F5	1820	49	740	26	40	5960	164	5960	164	63	43
F6	2580	81	1090	43	42					67	50
F7	1820	58	1170	48	64	3780	116	3070	131	71	40
F8	2090	69	940	40	44	3950	119	3320	135	71	41
F9	2240	55	760	23	44	7640	237	6880	344	73	44
F10	2120	50	1140	34	55	4450	124	3690	152	71	45
F11	2680	75	1390	50	51	4820	138	3470	137	69	42

F12	2260	67	690	26	31	8130	240	7000	288	56	57
F13	2470	76	1270	50	52	4220	130	3100	135	72	40
F14	3200	79	110	32	25	7410	206	5350	215	74	39
F15	3400	93	2300	74	57	4170	119	3580	142	72	36
F16	2740	73	1220	43	48	5430	152	4390	168	73	38
F17	3280	81	700	22	21	6760	194	5560	237	68	62
R1	2050	59	1250	47	61	2820	80	2490	97	75	40
R2	2470	74	1190	45	48	5170	156	4320	185	78	40
R3	3200	91	1450	52	45	5820	175	4870	207	54	34
R4	1490	44	710	27	47	7700	242	7000	300	67	48
R5	2840	89	1190	47	41	5750	178	4840	213	71	40
R6	3180	87	1580	56	49	5590	159	4070	160	81	41
R7	1890	58	910	37	48	7140	210	6690	267	53	59
R8	2610	83	1200	48	46	5710	174	4490	193	73	49
R9	1880	50	1010	36	54	5630	109	3070	122	49	52
R10	3840	117	1520	58	40	6030	178	4080	170	68	38
R11	2420	69	740	30	30	7770	243	7080	302	62	54
R12	3000	62	1800	48	59	4360	120	3590	149	56	50
R13	2100	62	660	25	32	7160	227	6320	297	75	41
R14	2610	82	970	40	37	7050	203	5730	219	60	43
R15	1970	52	710	25	36	6700	187	5580	212	54	49
R16	2540	53	1220	32	48	4070	117	2850	137	60	37
M1	2800	76	890	30	31	7300	230	5910	287	82	48
M2	2140	59	1050	36	49	4400	137	3470	162	65	47
M3	2870	70	660	21	23					62	46
M4	2170	71	580	25	37	6200	192	5590	257	71	43
M5	2000	58	600	22	34	4950	158	4100	199	75	45
M6	1340	37	540	18	40	6320	197	5930	286	55	60
M7	3120	88	1350	47	43	4940	153	3960	183	74	44
M8	2000	66	930	38	46	4460	146	3490	164	79	40
M9	2700	74	750	27	36	6970	196	5920	228	85	41
M10	1780	48	650	23	37	6240	179	5420	219	60	48
M11	2750	72	870	28	32	7280	218	5710	262	75	37
M12	2570	72	1530	52	59	3830	117	3000	142	83	40
M13	1900	76	800	39	42	4480	186	3380	225	82	35
M14	3240	77	1900	55	55	5330	145	3540	143	69	36

A2. Parámetros de esfuerzo máximo basales, tras entrenamiento y a los 6 meses de cada paciente.

	VE max (l/min)			*VO2max (%)*			*Wmax (%)*		
	Basal	***3m***	***6m***	***Basal***	***3m***	***6m***	***Basal***	***3m***	***6m***
C1	58	49,8	51,4	99	86	88	87	80	67
C2	46,2	45,7	38,2	70	67	61	54	46	26
C3	30,7	43,8		63	80		15	22	
C4	21,8	25,5	28,5	53	66	64	18	27	26
C5	47,8	39	35	70	62	100	47	48	25
C6	23,5	27	51	33	42	78	17	43	26
C7	45,9	44,2	25,5	56	71	34	63	67	41
C8	41,2	42,5		61	64		36	43	
C9	59,9	54,9	52,5	72	69	60	48	39	32
C10	28,7	30,2		38	26		28	19	
C11	31,8	35,5		64	74		18	24	
C12	33,4	26,8	27,5	65	53	51	29	21	29
C13	26,5	32	30,4	36	38	35	25	18	18
C14	31,5	39,8		65	77		37	73	
C15	16,8	16,8	15,8	41	39	36	13	15	15
F1	25,9	25,8	21,7	63	75	56	37	45	29
F2	24	51,3	26	43	89	46	37	55	44
F3	52,3	48,6	49,7	63	96	76	53	60	61
F4	12,5	38,5	52	14	74	107	22	44	44
F5	26,7	27,1	26,1	48	42	32	41	35	21
F6	29,8	33,1		77	67		59	48	
F7	30,2	48,5	37,2	70	80	81	41	40	32
F8	42,3	40,8	41,8	71	79	80	32	41	32
F9	32,5	30,4	25,5	46	53	44	19	25	25
F10	61	66,6	61,7	91	102	87	53	52	52
F11	49,5	46	49,4	84	83	82	32	31	31
F12	34,5	32,1		62	54		22	22	
F13	43,4	53,6	45,1	74	86	83	44	57	47
F14	55,1	34,7	37	78	57	64	29	23	23
F15	67,5	69,5	77,2	86	89	83	40	51	40

F16	54,3	56,4	48,9	93	99	74	33	33	35
F17	21,5	21,5	19,7	56	57	51	7	6	6
R1	37,8	51,1	48,8	69	85	69	23	45	30
R2	51,1	51,8	51,7	90	104	103	67	68	57
R3	39,3	45,1	42,5	53	61	61	29	36	22
R4	25,5	52,5		47	99		15	31	
R5	42	45,5	51,7	51	59	76	31	47	36
R6	41,2	55,8	58,1	59	51	75	21	41	41
R7	41,1	33,8		100	77		39	23	
R8	40,5	42,2		76	84		34	45	
R9	29,5	29,2	29,2	59	66	59	17	25	16
R10	43,1	46,4	43,9	88	91	85	41	52	42
R11	25,4	23,6	22,6	52	54	46	22	22	29
R12	46,6	56,9		62	68		27	32	
R13	27,1	37,6		51	63		13	23	
R14	25	27,9	30,4	53	61	70	23	31	31
R15	24,9	23,9	21,3	50	46	47	20	20	27
R16	41,1	48,2		42	48		19	24	
M1	30,2	31,4	29,3	43	55	30	21	27	14
M2	36,3	44,1		57	67		14	43	
M3	46,8	58,9		62	80		24	25	
M4	31,7	38	34,6	63	76	64	25	41	33
M5	26,3	33,6	33,4	56	65	59	21	42	42
M6	37,3	27,7	21,9	77	49	46	34	27	20
M7	44,1	44,7	40,3	61	74	61	67	45	45
M8	43	38,3	44,3	59	59	75	43	42	42
M9	35,6	33,6	30,4	59	67	53	28	28	29
M10	25,2	25	26,6	59	62	64	26	26	26
M11	39,9	37,9		69	67		26	33	
M12	52,3	50,3		65	60		27	26	
M13	35,9	31,8	30,5	75	78	67	32	32	32
M14	48,9	42,7	57,8	48	45	56	25	25	26

A3. Endurance (min) y fuerza medida con el test del 1 RM (Kg) en cada paciente (CP: chest pull, B: butterfly, NP: neck press, LF: leg flexion, LE: leg extension).

	Endurance			*CP*			*B*			*NP*			*LF*			*LE*		
	B	*3m*	*6m*	*B*	*3m*	*6m*	*B*	*3m*	*6m*	*B*	*3m*	*6m*	*B*	*3m*	*6m*	*B*	*3m*	*6m*
C1	23	20	14	56	60	58	30	32	33	34	36	38	20	19	22	44	44	40
C2	77	30	22	34	44	50	22	22		25	28	28	18	30	30	30	50	50
C3	16	18		34	38		18	20		22	22		12	12		30	30	
C4	25	24	27	30	36	36	12	13	13	20	18	20	14	16	16	24	28	28
C5	23	15	27	56	60	58	20	26	23	18	28	26	20	23	22	50	56	50
C6	21	38	41	40	36	38	16	16	18	11	12	20	12	14	19	42	36	38
C7	4	7	11	40	48	44	20	23	28	24	28	30	22	25	20	40	56	46
C8	12	23		36	42		20	24		16	18		16	20		44	45	
C9	27	40	43	60	62	64	40	41	45	36	42	43	30	30	38	64	66	66
C10	3	4		40	48		22	29		26	34		30	26		44	54	
C11	55	90		52	54		30	31		30	30		16	17		40	42	
C12	33	22	35	60	60	60	26	26	22	30	30	30	19	18	17	50	50	48
C13	13	66	47	54	56	54	24	26	26	30	30	30	22	22	20	50	50	50
C14	33	41		46	44		20	16		28	26		20	16		40	40	
C15	13	9	9	28	30	30	7	8	11	12	13	14	8	9	10	28	30	28
F1	33	67	45	52	57	57	23	36	30	29	37	28	14	20	34	28	40	20
F2	7	13	7	35	52	51	9	26	22	18	22	22	13	24	20	20	40	44
F3	60	40	51	35	47	52	10	24	24	21	28	32	12	30	30	30	48	48
F4	32	35	45	24	46	40	10	19	12	16	22	19	10	27	24	14	42	44
F5	4	8	6	34	52	50	20	28	20	21	28	24	10	22	20	34	46	46
F6	5	7		28	52		14	30		15	28		10	30		22	54	
F7	66	70	61	38	47	46	16	26	20	16	24	24	16	30	26	26	44	44
F8	27	38	43	30	40	36	14	18	18	17	25	24	14	32	28	39	48	40
F9	35	61	62	28	56	56	14	28	20	24	32	32	18	42	36	34	60	60
F10	30	46	64	44	58	46	22	32	24	24	34	28	26	34	34	60	70	66
F11	9	28	44	48	60	54	10	22	16	20	24	20	12	32	20	30	54	48
F12	32	47	35	60	74	70	20	38	38	34	50	38	20	38	28	40	66	68
F13	60	66	61	39	54	56	18	30	24	18	30	30	20	31	28	38	56	54

F14	49	75	63	34	58	56	18	28	26	20	30	29	16	40	36	38	74	68
F15	25	40	31	58	72	64	28	42	36	30	38	35	10	24	20	60	72	71
F16	72	61	43	42	56	54	16	26	25	18	24	24	20	36	26	48	60	20
F17	41	42	62	34	46	46	14	24	20	18	26	20	14	29	28	44	54	54
R1	8	61	61	24	30	30	12	14	12	14	13	14	10	16	18	26	30	26
R2	40	71	65	46	50	52	24	24	22	26	26	24	22	22	22	34	40	42
R3	40	80	56	43	50	50	22	26	24	18	18	17	16	22	21	40	44	46
R4	50	63											18	20		41	48	
R5	7	70	45	38	40	42	18	18	20	22	22	24	10	18	21	28	36	40
R6	27	62	61	50	51	52				22	23	20	18	20	20	56	58	58
R7	27	41		40	50		14	18		21	22		10	24		42	50	
R8	62	62		40	42		18	19		20	22		24	26		38	42	
R9	20	41	25	34	38	36	15	15	12	17	18	17	12	14	40	28	40	14
R10	63	120	120	50	52	50	16	18	20				18	30	28	40	64	62
R11	14	80	91	40	42	45	17	16	16	15	16	18	14	22	23	40	42	42
R12	11	26		50	60		27	34		28	29		18	20		42	54	
R13	13	65											16	16		50	50	
R14	53	77	58	40	40	40	18	18	14	22	22	22	7	7	7	38	48	50
R15	61	72	84	50	56	58	20	20	20	20	22	24	11	16	20	38	48	50
R16	40	84		58	66		20	42		26	36		18	26		38	56	
M1	6	15	26	36	47	44	16	24	18	23	32	32	10	23	18	26	46	44
M2	12	41	61	22	53	52	9	26	20	20	31	26	13	36	36	24	56	48
M3	20	46		50	60		22	28		24	28		28	30		48	60	
M4	6	8	17	32	50	46	12	19	16	18	23	20	20	34	30	34	54	52
M5	70	90	93	38	56	52	13	25	22	20	30	24	10	30	26	38	64	64
M6	31	93	35	54	64	54	26	36	22	28	38	28	30	44	30	50	66	66
M7	4	53	30	34	50	48	20	28	28	24	34	32	20	36	34	30	54	51
M8	10	24	40	34	58	53	16	30	24	28	36	32	14	32	30	30	42	54
M9	52	95	61	40	56	50	16	24	20	20	28	26	20	30	30	40	60	54
M10	54	75	60	48		52	18		20	24		26	20	34	30	56	74	74
M11	26	40	31	30	42	40	11	18	16	20	26	23	14	27	26	40	60	52
M12	16	33		32	54		20	29		22	43		10	26		20	40	
M13	10	16	6	26	34	30	9	12	10	15	21	18	16	28	22	24	38	34
M14	33	57	50	54	66	60	20	28	27	24	26	24	20	32	31	42	60	60

A4. Nivel y distancia recorrida (m) en el SWT en cada paciente, basal, a los 3 meses y a los 6 meses.

	Nivel			*Distancia*		
	Basal	*3m*	*6m*	*Basal*	*3m*	*6m*
C1	9	10	11	740	790	1015
C2	9	8	7	640	620	510
C3	6	6		370	380	
C4	6	6	6	335	345	370
C5	6	7	8	370	470	590
C6	7	8	9	350	580	630
C7	7	7	7	425	465	440
C8	7	5		460	290	
C9	7	9	10	500	720	810
C10	5	5		275	280	
C11	8	8		540	540	
C12	9	8	8	660	600	520
C13	7	7	6	420	435	340
C14	7	9		500	690	
C15	5	6	6	320	340	355
F1	7	8	6	390	560	400
F2	8	8	8	530	540	535
F3	9	8	8	670	550	570
F4	5	8	9	320	525	630
F5	3	6	3	150	335	135
F6	7	8		450	555	
F7	7	9	9	490	740	650
F8	7	7	8	510	460	540
F9	5	6	7	300	375	490
F10	9	13	12	650	1190	1020
F11	8	10	9	540	790	690
F12	4	6	6	230	345	350
F13	8	9	8	530	560	520

F14	9	8	7	635	540	515
F15	8	8	8	580	580	520
F16	7	8	8	460	525	520
F17	6	6	7	335	365	435
R1	6	7	6	340	510	390
R2	9	9	8	690	680	570
R3	6	5	6	340	320	390
R4	6			370		
R5	7	8	9	490	550	715
R6	6	8	8	330	535	580
R7	7	8		500	540	
R8	9	8		700	580	
R9	6	6	5	370	380	300
R10	11	13	10	920	1170	780
R11	7	6	6	420	380	360
R12	6	6		355	330	
R13	6	6		360	355	
R14	6	7	7	380	430	425
R15	5	6	5	290	330	280
R16	7	7		450	425	
M1	4	5	5	220	320	325
M2	6	6	6	350	370	350
M3	5	8		270	535	
M4	3	3	4	170	150	180
M5	6	9	7	360	640	500
M6	7	6	8	425	405	520
M7	8	9	10	550	700	850
M8	7	9	10	460	670	755
M9	7	9	9	450	640	685
M10	8	8	8	535	555	520
M11	8	8	8	545	525	535
M12	8	6		590	365	
M13	8	7	6	595	500	345
M14	8	8	7	555	530	420

A5. Escala de disnea de Mahler en cada pacientes (MT: magnitud de la tarea, IF: incapacidad funcional y ME: magnitud del esfuerzo).

	MT			*IF*			*ME*		
	Basal	*3m*	*6m*	*Basal*	*3m*	*6m*	*Basal*	*3m*	*6m*
C1	2	2	2	2	2	3	2	2	2
C2	2	2	3	3	3	4	3	3	4
C3	0	0		0	0		1	1	
C4	2	2	2	2	2	2	2	3	3
C5	2	2	2	2	2	2	2	2	2
C6	1	1	1	1	1	1	2	2	2
C7	1	1	1	1	1	1	2	2	2
C8	2	2		2	2		1	1	
C9	4	4	4	4	4	4	4	4	4
C10	1	1		1	1		1	2	
C11	2	3		4	4		4	4	
C12	2	2	2	2	2	1	2	2	2
C13	1	1	1	1	1	1	1	1	1
C14	2	3		2	2		3	3	
C15	2	2	2	2	2	2	1	1	1
F1	2	2	2	2	2	2	2	3	3
F2	2	3	3	2	2	2	2	3	4
F3	2	2	2	2	2	2	2	2	2
F4	1	3	3	2	2	1	2	3	2
F5	1	1	1	1	1	1	1	2	2
F6	1	2		1	2		1	3	
F7	2	2	2	1	1	1	2	2	2
F8	2	3	2	2	3	2	2	3	2
F9	1	1	1	0	0	1	0	0	1
F10	1	2	4	1	4	4	1	4	4
F11	3	4	4	3	4	4	2	3	3
F12	1	1	1	2	2	2	2	2	2
F13	2	2	2	3	3	3	3	3	3

F14	2	2	2	3	3	3	2	2	2
F15	1	2	2	1	2	2	1	2	2
F16	1	1	1	2	2	2	2	2	2
F17	2	2	2	1	1	1	2	2	2
R1	2	3	3	3	3	3	3	3	3
R2	3	3	3	3	4	4	2	3	2
R3	2	2	2	1	2	3	2	2	2
R4	1	1		1	2		1	2	
R5	2	2	2	1	1	1	2	2	2
R6	2	3	3	3	3	3	3	4	4
R7	3	3		2	2		3	3	
R8	3	3		2	3		3	3	
R9	2	2	2	1	3	3	1	2	2
R10	3	4	3	3	3	3	3	3	3
R11	2	2	2	3	3	3	3	3	3
R12	1	2		1	1		2	3	
R13	2	2		1	2		2	2	
R14	3	3	3	3	3	3	3	3	3
R15	0	2	2	1	2	2	0	2	1
R16	2	2		2	2		2	2	
M1	1	2	2	1	2	2	2	2	2
M2	2	3	3	3	3	3	1	2	2
M3	1	2		2	3		2	3	
M4	1	1	1	1	1	1	1	1	1
M5	2	2	2	2	2	2	1	1	1
M6	2	2	2	1	1	1	2	2	2
M7	2	3	3	3	4	4	3	4	4
M8	3	3	4	4	4	4	3	4	4
M9	2	3	3	2	2	3	2	3	3
M10	3	3		4	4		4	4	
M11	1	2	3	1	2	3	1	2	2
M12	2	2		2	1		2	2	
M13	1	1	1	2	2	2	2	2	2
M14	3	4	4	3	4	4	3	4	4

A6. Calidad de vida según el test del CRQD en cada paciente. Basal, a los 3 meses y a los 6 meses. (D: disnea, F: fatiga, FE: función emocional y CE: control de enfermedad).

	D			*F*			*FE*			*CE*		
	Basal	*3m*	*6m*	*Basal*	*3m*	*6m*	*Basal*	*3m*	*6m*	*Basal*	*3m*	*6m*
C1	3	3	3	5,5	5,7	5	6,6	6,6	6,6	5	5	5
C2	5,4	6,2	6	5,5	6,3	6	5,3	6	6	5,3	6	5,8
C3	2,6	2,6		3,5	3,5		3,1	3,1		2	2	
C4	3,2	4,6	4,8	4,7	3,3	3	4,7	4,1	3,9	4,5	5,2	5,2
C5	1,8	2,2	2,2	5	5,5	5,5	3,4	4,1	4,3	5,5	5,7	5,7
C6	3	3	3	4,5	3,7	2,8	1,6	2,6	2,1	1	1	1
C7	3,4	3,8	3,8	5,5	5,7	4,4	6,1	6,1	5,3	6	6	6
C8	4,2	4,5		4,7	4,7		5,4	5,1		6,5	6,5	
C9	3,8	4,4	4,4	5,3	5,8	6	6,1	6,1	6,6	6,3	6,5	6,5
C10	2,2	2,8		3	3,3		3,3	3,6		3,5	3,5	
C11	3,5	4		5,5	5,5		5,4	4,5		7	6,8	
C12	2,8	3	2,8	5,5	4,5	3,2	5,14	4,9	4,7	4,5	4,2	4,7
C13	3,2	3	3,4	2	2,7	3	2,1	3,6	3,9	1,8	1,8	2,7
C14	3	5,5		5	5		4,9	5,8		5,2	5,5	
C15	2	2	2	4	4	4	5,6	5,6	5,4	6,5	6,5	6
F1	3,6	3,2	3,6	5,8	5,7	5,7	5,1	5,2	5,3	4,5	3,7	4,5
F2	4,5	5,5	6	6	6,3	6,7	6,3	6,6	6,5	5,5	6	6
F3	3	3	4,8	3,3	4,7	5,3	4	4,2	4,7	4	4	5
F4	2,4	5	4,6	2,7	6	3,7	2,7	5,6	5	5,5	6,7	6
F5	3,4	3,4	3,4	2,3	2,5	2,5	5,1	5,4	5,4	6	6	6
F6	3,8	5,8		4,7	6		5,2	6,5		5,2	6	
F7	4,3	4,7	4,5	5	4,3	3,8	3,6	3,7	4,6	6,8	5,3	5,3
F8	3,8	5	6	4	4,2	4,5	4,4	5	5,4	4	5,5	5,7
F9	2	2	1,8	1,8	5,3	5,3	2,9	4,4	5,3	6,8	6,8	6,3
F10	2,6	6,2	7	4,2	6,2	6,5	3	5,7	6,4	3,2	6	7
F11	2	4,7	5,7	5	5,8	5,7	5,8	6,1	6,3	5,5	6	6,5
F12	3,8	3,8	3,8	5,5	5,5	5,5	5,4	5,4	5,6	6,2	6,2	6,3

F13	4	3,6	3,6	5	5	5	5,4	5,1	5,7	5,5	6	6,3
F14	3,6	3,7	3,3	4,5	4,5	5	3,7	4,4	5,4	3,7	4,2	4,7
F15	3,4	3,8	3,6	4,3	4,5	3,3	3,6	3,9	3,1	4	4	3,8
F16	3,6	3,8	4	3,2	3,5	4	3,9	3,9	4	4,7	5	5,2
F17	3,6	4	4,4	2,8	4,8	4,5	3,9	5,1	4,9	3,8	4,8	3,8
R1	2,4	3,8	3,8	2	5	3,5	2,5	3	2,7	4,5	6,2	6,2
R2	3,6	4,2	4	6,8	7	3,3	6,7	6,9	6,3	5,8	6,3	4,8
R3	2,8	4,6	6	4,2	5	6,7	3,1	4,2	6,1	3,2	4,5	6,5
R4	1	1,4		3,3	4,3		2,8	3		2,8	2,8	
R5	3,4	4,4	6,3	4,2	4,8	5,3	5	5,7	6,4	6,5	6,5	5,5
R6	3,4	4,2	4,2	6	6,2	6,3	5,1	5,6	5,6	6	6,3	6,3
R7	4,2	4,2		2,5	2,5		3,4	3,4		5,7	5,7	
R8	3,8	6		3,7	4,8		3,7	4,6		4,5	5	
R9	4,2	2,8	3	5,7	4,5	4,5	4,8	4,7	4,9	4,7	5,3	5,5
R10	4,8	5,2	5,2	6,2	6,3	6,3	6,3	6,3	5,6	7	7	7
R11	3	3,7	4	5,2	5	5,5	6	5,1	5,4	7	4,5	6
R12	4	6		5,7	6,3		5,4	5,7		3,7	5,8	
R13	3,6	5		5,3	5		6,3	4,6		6,3	4,6	
R14	4,2	4,2	4,8	5,7	6	5,7	5,9	5,9	5,9	4,7	4,7	4,5
R15	2,3	4,7	4	2	4,8	5	2,7	4,9	5,1	2,3	4,8	4,8
R16	4,8	4,6		4,5	5		6,6	5,1		7	7	
M1	2,2	3,4	3,4	3,5	5,7	4,7	4,7	6	5,6	5	5,2	4,7
M2	3,2	4,6	4,6	6	4,3	4,3	5,5	5,4	5,4	6,3	5,3	5,3
M3	5	5,3		6,5	6,5		5,5	5,4		7	7	
M4	3,2	3,6	4,6	5	5,5	6,3	5,7	5,7	6,7	4,8	5,5	6,3
M5	3,4	3,6	3,4	5,2	5	4,5	6	5,6	6	6,7	6,7	6,5
M6	3,5	3,5	3,2	6	6	5,8	6,4	6,4	6,6	5,8	5,8	6
M7	3,4	5,2	5,4	4,5	6	6,2	5	6,3	6	4,7	6,2	6,5
M8	7	7	7	5,3	6,5	5,3	5,1	5,9	5,6	7	7	7
M9	4,2	4,6	5,2	5,7	5,7	6	6,9	6,9	6,9	6,7	6,7	7
M10	3,2	3,6		6,5	6,5		5,7	6,1		7	7	
M11	2,8	5,4	5,4	4,3	5,8	6	6,1	6,4	6,6	6,5	7	7
M12	1,7	2		4,5	4		5	4,9		3,2	4	
M13	3,2	3,6	3,8	4	4,7	5	4,1	4,7	4,9	4	4,2	5
M14	3,8	4,6	5	4,3	4,5	5,3	5,7	6	6,1	4	4,5	5,3

Capítulo V: Discusión

La rehabilitación pulmonar ha sufrido unos importantes avances durante los últimos años, de manera que su eficacia y fundamento científico están firmemente establecidos. La creencia de que hay pocas posibilidades de mejoría para los pacientes con una enfermedad respiratoria crónica avanzada ha sido ampliamente refutada, la rehabilitación cardiopulmonar no es vista ya como un último recurso para el manejo de los pacientes severos.

Las estrategias empleadas en los programas de rehabilitación son ahora reconocidas como una parte integrada en el manejo clínico y en el mantenimiento de la salud de los pacientes con una enfermedad respiratoria crónica que se mantengan sintomáticos o que presenten una pérdida de función a pesar de realizar un tratamiento médico estándar[83, 96 y 97].

Los principales objetivos de la rehabilitación cardiopulmonar son reducir los síntomas, reducir el grado de incapacidad de los pacientes, incrementar su grado de participación en actividades físicas y sociales, y en definitiva mejorar la calidad de vida de los pacientes con una enfermedad pulmonar crónica[98].

Estos objetivos son alcanzados mediante varias técnicas incluyendo un programa de entrenamiento con ejercicios, educación al paciente y a su familia, interviniendo a nivel psicosocial y conductual, así como controlando los resultados obtenidos.

La intervención que se realiza desde la rehabilitación va dirigida a resolver los problemas específicos de cada paciente y debe ser aplicada por un equipo multidisciplinario de profesionales de la salud. En base a estos conceptos la American Thoracic Society (ATS) adoptó la siguiente definición: La rehabilitación pulmonar es un programa multidisciplinario de cuidados a los pacientes con una limitación respiratoria crónica,

individualmente organizado y dirigido a optimizar la posibilidades físicas y sociales de cada paciente y su autonomía[96].

El entrenamiento al ejercicio es la piedra angular de un programa de rehabilitación. Un programa de entrenamiento se debe basar en los principios generales de la fisiología del ejercicio: intensidad, especificidad y reversibilidad de los efectos[55].

Aunque el ejercicio no produce cambios cuantificables en las pruebas de función pulmonar tiene importantes efectos sobre la disnea y la capacidad de los pacientes de mantener esfuerzos físicos.

Existen numerosas evidencias, en contra de lo convencionalmente aceptado, de que hay aspectos clínicos y funcionales que no dependen únicamente del mayor o menor grado de deterioro de la función pulmonar, sino también de una disfunción global en la musculatura periférica. Los primeros en sugerir este concepto fueron Killian et al en 1992[99]. Su trabajo puso de manifiesto que muchos de los pacientes con EPOC presentan importantes molestias en las piernas, hasta tal punto que en algunos de ellos pueden ser el principal síntoma limitante durante el esfuerzo físico.

La propuesta de la existencia de una disfunción muscular global en la EPOC ha sido reforzada, al menos por cuatro circunstancias. Primero, porque la disminución de la capacidad de ejercicio se correlaciona débilmente con las variables de función pulmonar. Segundo, porque el tratamiento farmacológico, aún cuando puede mejorar la función pulmonar, ejerce menos efectos sobre la capacidad de ejercicio. Tercero, porque el trasplante pulmonar sólo puede mejorar parcialmente la capacidad de ejercicio, a pesar de acompañarse de mejorías sustanciales en la función pulmonar. Y cuarto, porque la mejoría en la capacidad de ejercicio no difiere cuando se trasplantan uno o ambos pulmones.

Todo lo expuesto ha suscitado, especialmente en los tres últimos años un incremento asombroso del interés por precisar las causas subyacentes a esta disfunción en los músculos periféricos de los pacientes con una EPOC.

La European Respiratory Society y la American Thoracic Society editaron en el año 1999[97], un suplemento monográfico sobre la disfunción de los músculos periféricos asociada a la EPOC. Dicho documento, de gran valor científico destaca el impacto que tiene la alteración funcional sobre las características clínicas, calidad de vida y mortalidad de estos pacientes.

Sobre la fisiopatología de la disfunción de la musculatura esquelética en los pacientes con EPOC hay varios factores influyentes:

- Masa muscular. Estimaciones indirectas han demostrado una reducción de la masa muscular de los miembros inferiores en estos pacientes[100 y 101]. Hay estudios que objetivan una disminución de la masa libre de grasa, medida por impedancia eléctrica y una reducción significativa del área de la sección de corte en la zona gemelar (13 % menos que el grupo control), evaluada por resonancia magnética[102].

- Tipo y tamaño de las fibras musculares. Para estudiar este aspecto hay que trasladarse a un nivel celular mediante biopsias musculares. En EPOC moderados estos estudios muestran que no hay variación en la proporción de los diferentes tipos de fibras, pero encuentras una atrofia significativa de las fibras de tipo II, con una grado de atrofia que se correlaciona con la pérdida de peso[103]. Otros trabajos hablan de una reducción de la proporción de fibras de tipo I en el vasto lateral de pacientes con una EPOC avanzada comparados con un grupo control. Al realizar este estudio con un grupo control pareado, esta reducción en la proporción de

fibras de tipo I, se ha asociado a un incremento en la proporción de las fibras de tipo IIb[104]. Además se ha objetivado una atrofia de las fibras de tipo I y IIa[104]. Se ha sugerido que la hipoxia[105] y la enfermedad crónica pueden contribuir a la mayor proporción de la fibras de tipo II encontrada en estos pacientes. En contraste a lo que ocurre en los miembros inferiores, en el bíceps la proporción de fibras de tipo I es similar a la de los pacientes pareados de un grupo control[106]. El diámetro de las fibras de tipo I y II fue menor que en los controles y también se correlacionó con la disminución de peso y con el FEV1[106].

Otro estudio cuantifica las isoformas de las cadenas pesadas de miosina (MHC) y de las cadenas ligeras de miosina (MLC), determinadas por gel de electroforesis[107]. Encuentran una significativa mayor proporción de las MHC-IIb en el vasto lateral de los pacientes con EPOC que en los controles. Además el patrón de distribución de las isoformas de MLC en los pacientes con EPOC estaba significativamente desplazado hacia las isoformas rápidas[107]. Los índices de difusión, CV y FEV1, se correlacionaban positivamente con el contenido en MHC. Como hemos indicado[105 y 104] se especula sobre la disminución en la disponibilidad de oxígeno y en desuso muscular como causas de las alteraciones musculares encontrada en la EPOC[108].

- Capilaridad. Un estudio con microscopía electrónica mostró que el número de capilares por unidad de superficie en un corte del vasto lateral en pacientes con EPOC era un 53 % menor que en los controles normales. El número de mitocondrias no variaba, por lo que la relación capilaridad/mitocondrías se reducía en un 59 % comparado con los controles. La relación capilaridad/fibras no estaba alterada, pero el número de contactos entre capilares y fibras tipo I y IIa era menor en los pacientes

con EPOC[104], pero al normalizarlo por el área de la superficie de corte este parámetro era similar al de los pacientes del grupo control. El bajo número de contactos capilares, junto a una disminución de un 25 % en el nivel de mioglobina en el vasto lateral de los pacientes con EPOC[109] pueden contribuir a reducción en la disponibilidad de oxígeno dentro del músculo en estos pacientes.

- Metabolismo a nivel enzimático. Análisis de extractos homogeneizados de biopsias musculares de pacientes con EPOC severo han demostrado una reducción de la capacidad de las enzimas oxidativas (citrato sintetasa, succinato deshidrogenasa y 3-HO-CoA deshidrogenasa) en muestras del vasto lateral comparados con pacientes del grupo control[77 y 29]. No hubo diferencias significativas en la capacidad de las enzimas glucolíticas (fosfofructoquinasa, lactato deshidrogenasa y hexoquinasa)[77 y 29], con excepción de la actividad de la fosfofructoquinasa que tenía una mayor actividad en los pacientes con EPOC[77]. Se ha sugerido que la inactividad y la hipoxemia contribuyen a estas alteraciones metabólicas, sin embargo no se ha demostrado una reversibilidad en los efectos tras un tratamiento prolongado con oxígeno[77]. No hay tampoco ningún estudio que identifique la actividad enzimática en cada tipo específico de fibra en los músculos de miembros inferiores de pacientes con EPOC.

A la hora del diseño de un programa de rehabilitación, uno de los aspectos a considerar es el porcentaje de abandonos y en el caso del entrenamiento a fuerza el porcentaje de lesiones musculares.

De los 72 pacientes incluidos en nuestro estudio 10 abandonaron en esta primera fase, 3 controles (17% de los controles) y 7 entrenados (13% de los entrenados) (1 a fuerza, 2 a resistencia y 4 de los que realizaron un

entrenamiento mixto). De las causas de abandono tenemos que destacar que 3 pacientes lo hicieron por presentar una agudización respiratoria, 3 por falta de motivación y sólo 1 por una lesión escápulo-humeral. Con estos datos, podemos concluir que el entrenamiento y el control de la fuerza muscular es seguro y tiene una mínima incidencia de lesiones, no influyendo además de forma relevante en el cumplimiento del programa por parte de los pacientes.

Nuestro porcentaje de abandonos fue similar al de Goldstein[19] en su programa extrahospitalario. Un 30 % de los pacientes candidatos lo rechazaron de entrada. De los 45 pacientes del grupo en rehabilitación, el 15,5 % abandonaron o se perdieron a lo largo del seguimiento, mientras que del grupo control no completaron el estudio el 9 %.

Wijkstra[110] en su programa de rehabilitación domiciliaria, sólo pierde por falta de colaboración a un paciente de 23 (4,3 %). Strijbos[111] sólo pierde por falta de motivación a 2 pacientes de su programa extrahospitalario (4 %) y a ninguno de los que hacían rehabilitación en su domicilio.

Nuestra cumplimentación es bastante buena y en esto juega un papel fundamental tanto la motivación hacia los pacientes y los beneficios que estos obtienen, como que los programas sean variados y en esto puede influir los ejercicios y los controles de la fuerza muscular periférica.

Como podemos apreciar en los resultados de nuestro trabajo, el entrenamiento lógicamente no consiguió mejorar los parámetros funcionales respiratorios basales.

Al revisar los resultados obtenido tras la rehabilitación pulmonar por otros autores, entrenando a los pacientes a resistencia, con un ejercicio mantenido en el tiempo, en parámetros de esfuerzo máximo (ventilación/minuto, consumo de oxígeno y potencia máximas) apreciamos un cierto grado de discordancia.

En el metaanálisis de Lacasse[46], se encuentra un incremento pequeño pero significativo en la potencia máxima alcanzada de 8,5 W. Ries et al, en su estudio sobre 119 pacientes con EPOC (57 entrenados y 62 controles), encontró que el entrenamiento durante 2 meses permitió un incremento escasamente significativo en consumo máximo de oxígeno ($p < 0,1$) y algo más importante en la carga máxima alcanzada en un tapiz rodante ($p < 0,001$)[14].

Maltais[64] entrenó 11 pacientes con EPOC y no encontró variaciones en consumo ni en potencia máximas, pero sí una reducción leve, pero significativa en la ventilación minuto máxima.

O'Donnell[32] estudió 60 pacientes (30 entrenados y 30 controles) y comprobó una mejoría significativa en potencia máxima, un ligero incremento no significativo en consumo de oxígeno y en la ventilación/minuto máxima alcanzada en el cicloergómetro.

Reardon et al[25] estudió a 20 pacientes con EPOC (10 entrenados y 10 controles) y obtuvo unos resultados similares a los de O'Donnell.

Al analizar nuestros resultados en esfuerzo máximo con cicloergómetro, podemos comprobar la existencia de unas mejorías leves, aunque estadísticamente significativas, en consumo de oxígeno (del 63 al 70 %) y potencia máxima (31 al 36 %) alcanzadas, así como un aumento en la ventilación/minuto máxima (de 37,8 a 41,1 l/min).

En definitiva la mayoría de autores encuentran unas mejorías leves y escasamente significativas en los parámetros de esfuerzo máximo.

Estos efectos en consumo de oxígeno, potencia y ventilación minuto, aunque podrían sugerir una mejoría en el metabolismo aeróbico, también podrían estar influidas por un proceso de desensibilización a la disnea que le permitiese al paciente mantener más tiempo el esfuerzo. Es de destacar la

buena reproductibilidad de la prueba de esfuerzo, ya estudiada previamente por nuestro grupo[112].

Casaburi estudió a 19 pacientes con EPOC moderado-severo y los entrenó durante 8 semanas, dentro de un programa hospitalario, pedaleando a dos niveles de resistencia. Las mejorías de mayor magnitud en el ejercicio submáximo, manteniendo un ejercicio a una carga alta en el tiempo, se manifestaron en el grupo que entrenó a mayor nivel de resistencia en la bicicleta. Encontraron una reducción significativa en la ventilación/minuto y en los niveles de lactato para una misma carga, lo que sí supone una fuerte evidencia de mejoría del metabolismo aeróbico[59].

En el Shuttle Walking Test (SWT), también hubo incrementos en el nivel (del 6,8 al 7,5) y la distancia recorrida (450 a 521 metros), como era de esperar por la buena correlación existente entre la distancia recorrida y el consumo de oxígeno máximo determinado en tapiz rodante[113] y en bicicleta[114]. Las mejorías se comprobaron pese a que los pacientes incluidos en nuestro estudio presentaban una enfermedad severa (FEV1 del 38 %).

Wedzicha y colaboradores[115] en un estudio randomizado y controlado con 126 pacientes con EPOC, distribuidos siguiendo la escala de disnea del Medical Research Council (MRC) en un grupo de pacientes con una disnea moderada (MRC 3-4; n = 66) y en otro con una disnea severa (MRC 5; n = 60). Compararon un programa educacional con otro que añadía ejercicios, a nivel ambulatorio (los moderados) y domiciliario (los severos). No obtuvieron mejorías significativas al analizar la distancia caminada en el Shuttle Walking Test (SWT) en el grupo de pacientes con una disnea severa respecto a los controles, sin embargo sí encontraron una mejoría significativa en los entrenados con ejercicio ($p < 0,001$) del grupo de pacientes con un grado moderado de disnea. También estudiaron los

cambios en calidad de vida utilizando el Chronic Respiratory Disease Questionnaire, comprobando una mejoría significativa respecto a los controles, para el grupo entrenado de los pacientes con una disnea moderada ($p < 0,001$), y unas diferencias mucho menos marcadas en el grupo de pacientes con una disnea severa.

En definitiva, el entrenamiento al ejercicio mejora la distancia recorrida en el SWT, aunque esta mejoría parece ser menor en los pacientes con un grado severo de disnea basal.

El mayor logro de un programa de entrenamiento, desde un punto de vista fisiológico, consiste en aumentar la capacidad de mantener en el tiempo un esfuerzo submáximo. En este aspecto hay una práctica unanimidad entre los diversos estudios. Lacasse[46] en su metaanálisis, considerando 11 estudios que incluyeron a 413 pacientes y después de convertir los datos en el test de los 6 minutos caminando, encontraba respecto a los controles una diferencia de 55,7 metros, la mínima diferencia clínicamente significativa en este test se considera de 50 metros[116].

Casaburi[59] revisó 36 estudios no controlados, revisando el aumento en la tolerancia al ejercicio sobre 900 pacientes con EPOC.

De una forma casi uniforme el entrenamiento al ejercicio mejora la capacidad de mantener un esfuerzo submáximo.

En nuestros resultados encontramos que el programa de rehabilitación permitió un gran incremento en esta capacidad de mantener en el tiempo un ejercicio, lo que medimos con el test de endurance, que presentó un incremento claramente significativo con respecto a la variación que tuvo el grupo control. Los entrenados pasaron de una endurance de 31,6 a otra de 53,1 minutos ($p < 0,05$). En los controles el cambio fue de 25,2 a 29,6 minutos (p = NS).

La fuerza muscular periférica ha sido una variable que hasta hace poco tiempo no se tenía en cuenta dentro de los programas de rehabilitación cardiopulmonar. Sin embargo diversos trabajos pusieron de manifiesto que los pacientes con enfermedades cardiorrespiratorias crónicas tenían una pérdida de fuerza de una causa multifactorial.

Hamilton et al[71], estudiaron 4617 pacientes, los dividieron en cinco grupos: personas sin patología de base, pacientes con una cardiopatía isquémica, pacientes con una enfermedad pulmonar crónica, pacientes con insuficiencia cardiaca y finalmente pacientes con enfermedad cardiaca y pulmonar conjunta. Los sometieron a un test de fuerza muscular periférica con cuatro ejercicios midiendo la contracción voluntaria máxima dinámica contra una presa hidráulica y a un test de esfuerzo máximo con cicloergómetro. En los resultados se comprobó la pérdida de fuerza muscular en el músculo cuadriceps de los pacientes con una enfermedad cardiopulmonar crónica, que además contribuía de forma significativa a la capacidad de esfuerzo y a la sintomatología que presentaban los pacientes durante la realización del mismo.

Gosselink[72] estudió a 41 pacientes con EPOC y realizó diversas correlaciones entre parámetros funcionales, de esfuerzo en bicicleta y caminando y de la fuerza muscular isométrica en cuadriceps y antebrazo. Encontró una correlación significativa de la distancia caminada en el test de los 6 minutos con la fuerza muscular isométrica determinada en el cuadriceps y la presión inspiratoria máxima (PIM). Además encontró correlación del consumo máximo de oxígeno (VO_2 max) con la difusión pulmonar de CO (TL_{CO}), la fuerza isométrica del cuadriceps y el FEV1.

Simpson[61] realizó un programa de entrenamiento basado en levantamiento de pesas, y en potenciar la fuerza muscular, con 28 pacientes

con EPOC (14 entrenados y 14 controles). Encontró una mejoría significativa en este parámetro (medido con el test del 1 RM) respecto a los controles, comparable a las logradas en otros trabajos similares realizados con ancianos[117] o con enfermos cardiológicos[118].

Los pacientes con EPOC tienen disminuida su fuerza muscular periférica y esta reducción contribuye de una forma significativa a su capacidad de ejercicio y a su sintomatología, pudiendo incrementarse con un adecuado programa de ejercicios.

También nosotros con nuestro programa de rehabilitación obtuvimos importantes incrementos en fuerza muscular periférica, medida con el test del 1 RM, en los cinco ejercicios que controlamos, utilizando una estación multigimnástica, que además fueron significativamente mayores que los del grupo control. El incremento logrado en los pacientes de este último grupo creemos que fue debido a un problema en la reproductibilidad del test.

Al comparar los incrementos de ambos grupos vemos que los controles aumentaban su 1 RM entre 1,2 y 3,8 Kg, mientras que los entrenados entre 6,3 y 15,5 Kg.

Respecto a la calidad de vida, este es un pilar básico en todo programa de rehabilitación y resulta un control casi obligado para evaluar la eficacia de cualquier programa. Casi unánimemente hay una mejoría en disnea y en calidad de vida con cualquiera de ellos.

Simpson[61], en su programa de entrenamiento con pesos, realizado hospitalariamente y con grupo control, encontró una mejoría en los apartados disnea, fatiga y control de la enfermedad del CQRD. Vale[119] también utilizó el cuestionario de calidad de vida de Guyatt (CQRD) para la valoración a largo plazo de los resultados obtenidos tras la rehabilitación en 51 pacientes con EPOC. Los beneficios se reflejan en una mejoría de la

calidad de vida. La realización de un programa de rehabilitación intrahospitalaria realizada por Goldstein[19], también produjo una mejoría en la calidad de vida (CQRD) y en la disnea basal (índice basal de Mahler). Ries[14] sin embargo utiliza una valoración subjetiva de sus pacientes sometidos a rehabilitación con cuestionarios y escalas genéricas, no específicas para la EPOC, encontrando una mejoría en los síntomas de percepción de disnea y fatiga muscular durante el ejercicio, una disminución de la disnea con las actividades diarias y autoeficacia para caminar. Sin embargo no encontró cambios en parámetros de depresión ni en la calidad de vida general. Güell[120] encontró una mejoría en los cuatro apartados del CQRD en su grupo de pacientes sometidos a rehabilitación, incluso en aquellos que realizaron un programa domiciliario. Reardon[25] estudiando 20 pacientes con EPOC (10 entrenados y 10 controles), encuentra una mejoría en el grupo de pacientes entrenado en la sensación de disnea, tanto en la determinada al final del test de esfuerzo máximo (disnea máxima/VO_2 max y disnea máxima/VE max) como en la basal, al utilizar la escala de Mahler. Wijkstra[26, 53 y 110] utilizando el CQRD también encuentra que la calidad de vida aumenta de forma significativa en sus pacientes rehabilitados respecto al grupo control, no hallando correlación entre los cambios en la calidad de vida y los cambios en la tolerancia al ejercicio. Strijbos[52] no utiliza cuestionarios de calidad de vida específicos para la EPOC, sino genéricos, aunque obtiene beneficios tanto para los pacientes que desarrollaron el programa de ejercicios en su domicilio como para los que lo realizaron en su centro hospitalario.

Lacasse[46] en su metaanálisis encuentra 12 trabajos en los que se valoró la calidad de vida con 10 instrumentos diferentes de medida, considerando los 6 trabajos que incluían el test de calidad de vida del CQRD o el Indice de disnea Basal de Mahler, encuentra una mejoría que

supera los 0,5 puntos establecidos como clínicamente significativos en disnea y en control de la enfermedad.

Prácticamente todos los programas de rehabilitación producen una mejoría de la calidad de vida de los pacientes.

Utilizando nuestro programa de rehabilitación encontramos mejorías significativas en los 3 items de las escala de disnea de Mahler (pasando de 1,8 a 2,3 en magnitud de la tarea, de 1,9 a 2,3 en incapacidad funcional y de 2 a 2,5 en magnitud del esfuerzo) y en los cuatro del test de calidad de vida del CQRD, superando los 0,5 puntos establecidos como clínicamente significativos en disnea y en fatiga. Los controles sólo mejoraron en disnea, esto lo atribuimos al efecto de un mayor control médico propio de la participación en estos programas. Ya otros autores han destacado la escasa reproductibilidad y validez de la dimensión de disnea, en contraposición a las otras dimensiones. En concreto, recomiendan recoger las medidas de las dimensiones de fatiga, función emocional y control de la enfermedad, y analizar las disnea con otros métodos[26 y 110]. En nuestro caso utilizamos el test de Mahler.

Como hemos ido indicando hasta poco tiempo todos los programas de rehabilitación estaban basados en aumentar la tolerancia al ejercicio submáximo y realizaban un entrenamiento a resistencia, caminando, en tapiz rodante o bien con una bicicleta. En el momento que se empieza a comprender la importancia que para la vida cotidiana de los pacientes tiene su fuerza muscular periférica, que además por diversas circunstancias se encuentra reducida, empiezan a publicarse algunos trabajos que incorporan el entrenamiento con pesas como una forma de incrementar esta fuerza muscular periférica.

Comienza a abrirse un debate sobre la posibilidad de realizar entrenamientos mixtos que incluyan ejercicios de fuerza y de resistencia e incluso únicamente entrenamiento a fuerza.

La importancia de la disfunción muscular periférica en el rendimiento al ejercicio de los pacientes con EPOC fue ya destacada por Killian[99] que, como ya hemos indicado, comprobó que tanto los pacientes con EPOC como los individuos sanos veían limitada su capacidad para mantener un ejercicio en el tiempo por la sensación de fatiga en los miembros inferiores. Esta alteración en la función muscular periférica (tanto en miembros inferiores como en los superiores) se puede discutir, tanto desde el punto de vista de una reducción en la fuerza, como de una reducción en la resistencia.

La disminución en la fuerza muscular periférica de los pacientes con EPOC ha sido ya corroborada por varios trabajos publicados en los últimos años[71, 72 y 121]. En estos estudios se demuestra una correlación estadísticamente significativa de la fuerza muscular del cuadriceps con la distancia caminada en el test de los 6 minutos y con el consumo máximo de oxígeno[71 y 72].

También se puede concluir con que la fuerza muscular periférica se correlaciona de una forma significativa con la intensidad de los síntomas en un test de esfuerzo máximo progresivo[71].

Todos estos hallazgos se basan en análisis estadísticos de correlación múltiple y por tanto no permiten establecer una relación causa-efecto. Sin embargo hay que tener en cuenta que los cambios en la fuerza muscular se han correlacionado significativamente a cambios en la capacidad de ejercicio[122] y que un entrenamiento a fuerza de la musculatura periférica ha permitido incrementar dicha fuerza, la resistencia al ejercicio y la calidad de vida[61].

Existe también una correlación significativa entre la disminución en la distancia caminada y el índice de creatinina-altura en pacientes con EPOC y un bajo peso corporal. Este hallazgo implica una correlación con una reducción de la masa corporal libre de grasas, que resulta por tanto útil para el ejercicio[123]. Recientemente se ha correlacionado la reducción de la masa corporal libre de grasas con una reducción en el consumo máximo de oxígeno en pacientes con EPOC[124].

El deterioro de la capacidad de resistencia de la musculatura periférica también contribuye a una reducción en la capacidad de ejercicio. El entrenamiento muscular con pesas a una carga de baja intensidad ha demostrado su eficacia para mejorar la resistencia de los miembros, pero no su fuerza[54]. La razón de la variación en la resistencia muscular hay que buscarla a un nivel metabólico. Aunque anteriormente había sido cuestionado[28], actualmente está bien establecido que un comienzo precoz del metabolismo anaeróbico durante un ejercicio progresivo contribuye a la limitación al ejercicio de los pacientes con EPOC[29, 59 y 60]. Maltais y colaboradores[29] encontraron una correlación significativa entre niveles de enzimas musculares aeróbicas y consumo máximo de oxígeno. En pacientes con un trasplante pulmonar el consumo de oxígeno máximo mostró una reducción significativa que se correlacionaba con las anormalidades de la capacidad oxidativa de la musculatura esquelética[125]. Por otro lado, Satta y colaboradores[107] estudiaron un grupo de pacientes con EPOC y encontraron una disminución en su capacidad de ejercicio y alteraciones significativas en la proporción de los diferentes tipos de fibras musculares en el cuadriceps, pero no una significativa correlación entre estos parámetros. En otro estudio se ha demostrado que con un programa de entrenamiento con ejercicios se logra una mejoría en la capacidad de ejercicio y en la actividad de las

enzimas oxidativas de los músculos periféricos pero sin encontrar una correlación entre ambos[64].

Durante un test de ejercicio realizado a un nivel de resistencia constante, al alcanzar el denominado "steady state" (estado estable), se puede comprobar como pacientes con una EPOC moderada-severa mejoran su capacidad aeróbica disminuyendo su producción de lactato y su nivel de ventilación. Esta ganancia viene a unir la función muscular esquelética con la capacidad de ejercicio en la EPOC[64, 59 y 126].

El principal objetivo de nuestro trabajo fue precisamente ahondar en las diferentes modalidades de entrenamiento para compararlas entre sí y ver cual podría resultar más eficaz.

El entrenamiento al ejercicio en la EPOC está actualmente reconocido como la parte esencial de un programa de rehabilitación cardiopulmonar en estos pacientes. Los mecanismos de actuación propuestos son diversos como una mayor motivación, la desensibilización a la disnea y el logro de una mejoría en la técnica y en la resistencia al ejercicio[127].

La mayor parte de los programas establecidos se han basado en un entrenamiento a resistencia de los miembros inferiores, caminando o utilizando una bicicleta ergométrica. El modelo típico incluye de 3 a 5 sesiones semanales de ejercicios durante 6 a 12 semanas. Tradicionalmente los programas de rehabilitación al ejercicio han omitido sistemáticamente las actividades de entrenamiento a fuerza, entre otras cosas por el temor a un abrupto incremento en la frecuencia cardiaca y en la presión arterial que están asociadas con las contracciones isométricas de pequeños grupos musculares. En nuestro estudio mostramos que este tipo de entrenamiento con altas cargas es bien tolerado por el paciente y además favorece una mejoría significativa en la carga máxima que el paciente puede realizar.

Recientemente se ha demostrado que los pacientes con EPOC pueden mantener la intensidad y duración necesaria de los ejercicios para que puedan presentar una adaptación fisiológica al entrenamiento[64, 59 y 63]. Evidencias indirectas de ello son la reducción de la acidosis láctica con el ejercicio y en la producción de carbónico[59, 128 y 129], un aumento del las enzimas oxidativas a nivel mitocondrial[63] y una mejoría de la resistencia del cuadriceps[130]. Es más probable, sin embargo, que un entrenamiento a fuerza, con cargas de alta intensidad, pueda provocar una mayor ganancia en fuerza y en capacidad de ejercicio. Esto a su vez favorecería que los pacientes entrenados pudieran realizar actividades muy exigentes en su vida diaria, con una disminución en su percepción del esfuerzo.

En personas sanas la efectividad del entrenamiento depende del ejercicio total realizado (producto de la intensidad y de la duración del mismo). Para un programa de rehabilitación en pacientes con EPOC hay que tener en cuenta la tolerancia individual, pero la mayoría de pacientes con una EPOC moderada-severa pueden tolerar intensidades entre el 60 y el 80% de su intensidad máxima determinada antes del inicio del programa, permitiendo la obtención de ganancias fisiológicas[64, 14, 59 y 63].

El entrenamiento específico de la fuerza muscular ha sido muy poco estudiado en la literatura, de una forma sistemática sólo se ha realizado en el trabajo de Simpson[61] que estudió a 34 pacientes con una EPOC severa y los dividió de forma randomizada en dos grupos, uno control y otro entrenado durante 8 semanas. El entrenamiento consistió en la repetición de tres diferentes ejercicios musculares (uno de brazos y dos de piernas), con esta estrategia se logró incrementar la fuerza muscular del 16 al 40 % dependiendo del grupo muscular evaluado. Esta ganancia se asoció a una mejoría de a resistencia global a un ejercicio submáximo. No llegaron a evaluar cambios en la masa muscular. Clark y colaboradores[54] encontraron

que un programa consistente en la realización de ejercicios de baja intensidad podía mejorar la resistencia de los grupo musculares entrenados de una manera aislada. Hay que reconocer que la mejoría de una medida que depende del esfuerzo que realiza el paciente no es una evidencia definitiva de un proceso de adaptación fisiológica muscular, ya que puede verse alterada por una mayor motivación o por una mejor eficiencia de la activación neuromuscular.

En un trabajo reciente Clark y colaboradores[131], estudiaron a 43 pacientes con EPOC, con una ligera afectación funcional (FEV1% de 77 ± 23 de sus teóricos). Tras la realización de un programa de entrenamientos con ocho ejercicios al 70 % de la carga máxima durante 12 semanas, encontraron una mejoría en la función muscular y en las pruebas de resistencia. Como nosotros encontraron un ligero incremento en la variables de esfuerzo máximo en el grupo entrenado. Es de destacar la escasa afectación funcional que presentaban estos enfermos, todo lo contrario que nuestros pacientes que en general tenía una obstrucción severa. Esto nos hace pensar que el beneficio de este tipo de entrenamiento repercute en toda la gama de pacientes y es independiente del grado de obstrucción. También se puede deducir de este trabajo que la debilidad muscular periférica aparece incluso con obstrucciones muy ligeras. Pacientes en los que, por tanto, no intervienen factores a los que tradicionalmente se les atribuye esta debilidad, como la hipoxemia, la hipercapnia, los tratamientos con corticoides orales o la desnutrición.

En nuestro estudio vemos como al comparar el grupo de pacientes que realizaron un entrenamiento a fuerza con los que se entrenaron a resistencia y con los entrenados de forma mixta no hubo diferencias significativas entre ellos en parámetros de esfuerzo máximo, aunque los entrenados a resistencia mejoraron significativamente su consumo de oxígeno (un 7 %) y su potencia

máxima (un 7 %), a expensas de un incremento de la ventilación minuto (5,7 l/min), respecto a los valores basales. Podría influir una mejoría fisiológica, pero también una desensibilización a la disnea por la modalidad de entrenamiento efectuada.

En el Shuttle Walking Test (SWT), todos los grupo presentaron una mejoría tanto en el nivel alcanzado como en la distancia recorrida, sin que existiesen diferencias estadísticamente significativas entre los diferentes tipo de entrenamiento. Sin embargo, pese a la gran dispersión de los valores, hay que destacar la gran mejoría del grupo entrenado a fuerza que aumentó en 1,12 puntos el nivel y en 104 metros la distancia recorrida.

Al analizar los cambios en fuerza muscular y endurance en cada grupo de entrenamiento, encontramos aunque se consiguió una mejoría en todos los grupos, lógicamente el entrenamiento específico de la fuerza permitió un gran incremento en este parámetro, que además fue significativamente mayor en los 5 ejercicios que la mejoría que obtuvieron los entrenados a la modalidad de resistencia.

En el ejercicio de chest pull los entrenados a fuerza tuvieron un incremento del 41 %, en butterfly del 75 %, en neck press del 43 %, en leg flexion del 107 % y en leg extension del 53 %. Para en grupo entrenado a resistencia estas ganancias fueron significativamente menores. En chest pull del 12 %, en butterfly del 16 %, en neck press del 5 %, en leg flexion del 33 % y en leg extension del 20 %. En cualquier caso, parece demostrado que en los pacientes con EPOC existen diferencias entre la pérdida de fuerza de las extremidades superiores e inferiores, siendo mucho menor en las primeras[131].

Los pacientes que recibieron un entrenamiento mixto mejoraron su fuerza muscular de un modo comparable a los que específicamente entrenaron este parámetro, resultando por lo tanto significativamente

superior a la mejoría en fuerza de los pacientes que entrenaron a resistencia. En chest pull mejoraron un 39 %, en butterfly un 56 %, en neck press un 36 %, en leg flexion un 88 % y en leg extension un 53 %.

Al analizar la endurance vimos cómo los entrenados a resistencia mejoraron su capacidad de mantener un esfuerzo submáximo de un modo significativamente mayor que los pacientes entrenados en la modalidad de fuerza, y de un modo comparable a los que realizaron un entrenamiento mixto.

Los entrenados a fuerza tuvieron un incremento del 23 %, mientras que los entrenados específicamente a resistencia tuvieron un incremento del 101 % y los que realizaron un entrenamiento mixto de un 96 %.

No obstante, la importante mejoría de los pacientes entrenados a fuerza es sustancialmente mayor que el incremento en la resistencia provocado en sujetos sanos tras un entrenamiento a fuerza[132]. Esto apoya el concepto de debilidad y descondicionamiento de los miembros inferiores en estos pacientes. La mejoría también está relacionada con una disminución de la percepción del esfuerzo de la piernas para igual carga de trabajo, lo cual puede facilitar periodos más prolongados de ejercicios antes de que aparezca la sensación de disconfort en piernas. Esto puede una importante repercusión en la vida diaria, donde la mayoría de las tareas y ocupaciones suelen exigir esfuerzos intermitentes más que esfuerzos máximos.

En definitiva se puede comprobar que el entrenamiento al ejercicio tiene una cierta especificidad en sus efectos y que si entrenamos la endurance podremos obtener una mejoría fundamentalmente en este parámetro y si entrenamos la fuerza muscular la mejoría básicamente será en este otro (tabla XVIII).

Esta afirmación que puede resultar obvia tiene sin embargo un importante trasfondo, sobre todo después de describir ampliamente la

importancia que en los últimos estudios se está dando a la fuerza muscular como causa de la limitación funcional de los pacientes con EPOC y después de haber revisado los pocos trabajos publicados en la literatura que aborden este tipo de entrenamiento y por tanto que traten de potenciar la fuerza muscular periférica de estos pacientes.

Nuestros resultados confirman que hay un alto grado de especificidad en la respuesta al entrenamiento. Los cambios fisiológicos responsables del incremento en la fuerza son una compleja interacción de adaptación entre el sistema nervioso y el propio músculo. Hay una pobre correlación entre el incremento en el tamaño muscular y el incremento en la fuerza. En el sujeto sano, la ganancia inicial en la fuerza es atribuida a un incremento o mejoría en la coordinación en la actividad neuronal central y periférica. Esta ganancia inicial es tarea-específica y no se debe a un incremento de la fuerza intrínseca del músculo per se. En las piernas, tras ocho semanas de entrenamiento, se produce un incremento en la sincronización de las unidades motoras de forma secundaria a este proceso de entrenamiento a fuerza con una mínima respuesta hipertrófica. Posteriormente, en una segunda fase, la ganancia en fuerza es el resultado de cambios en el músculo, con un aumento de su tamaño y densidad (hipertrofia). Estos cambios se producen sobre todo a través de las fibras tipo II, que tienen aproximadamente dos veces más de fuerza intrínseca por unidad de área[76]. Además el entrenamiento a fuerza ha sido también asociado con un modesto pero significativo incremento en la capacidad oxidativa del músculo esquelético. En el paciente con EPOC, la ganancia en fuerza que conseguimos con este tipo de entrenamiento tiene lugar a través de un incremento de la masa muscular como han demostrado Máltais y sus colaboradores[80].

Tenemos que considerar que en nuestro estudio no determinamos los cambios en masa muscular y que las mejorías en el 1 RM reproducen el efecto en los ejercicios específicamente entrenados, por lo que indudablemente podría estar influyendo una mejoría del patrón de reclutamiento neuromuscular. Sin embargo en múltiples estudios realizados en jóvenes o personas mayores sanas[133, 134 y 135] se demuestra tras el entrenamiento una hipertrofia muscular y una mejoría en este patrón de reclutamiento neuromuscular junto a un incremento en la fuerza muscular tras un programa de entrenamiento específico.

El otro gran aspecto de un programa de rehabilitación es su repercusión en la sensación de disnea y en la calidad de los pacientes. En nuestros resultados todos los grupos mejoraron significativamente en los diferentes items de la escala de disnea de Mahler, aunque sin que existiese una diferencia significativa entre ellos.

Los incrementos de los entrenados a fuerza en los diferentes items, magnitud de la tarea, incapacidad funcional y magnitud del esfuerzo fueron de 0,5, 0,4 y 0,7 puntos respectivamente. En los entrenados a resistencia fueron de 0,4, 0,5 y 0,4 puntos y finalmente en los entrenados de forma mixta de 0,5, 0,3 y 0,5 puntos respectivamente.

En calidad de vida hubo también mejorías en todos los grupos entrenados, sin que tampoco pudiésemos encontrar diferencias significativas al compararlos entre sí. Los entrenados a fuerza mejoraron en disnea 0,8, en fatiga 0,9, en función emocional 0,7 y en control de enfermedad 0,4 puntos. Los entrenados a resistencia mejoraron en 0,8, 0,6, 0,1 y 0,3 puntos y finalmente los entrenados de forma mixta en 0,7, 0,4, 0,3 y 0,3 puntos respectivamente.

Hacen falta indudablemente más estudios que arrojen luz sobre estos puntos y que permitan seleccionar el programa de entrenamiento más adecuado para cada paciente.

Uno de estos trabajos ha sido recientemente publicado por el grupo de Maltais[80]. Estudiaron a 36 pacientes con EPOC moderada-severa y los incluyeron en un programa de rehabilitación basado en el ejercicio de 12 semanas de duración. 15 pacientes completaron un entrenamiento aeróbico y 21 realizaron un entrenamiento mixto. Encontraron un aumento en la fuerza del cuadriceps en los dos grupos ($p < 0,05$), pero este aumento fue significativamente mayor en el grupo entrenado de forma mixta (20 % vs 8 %, $p < 0,005$). También encontraron incrementos en la fuerza del pectoral mayor en los pacientes sometidos a entrenamiento mixto y no en los que entrenaron a resistencia. En el dorsal ancho los incrementos de fuerza fueron pequeños y sin diferencias entre los dos grupos. No hubo diferencias significativas en la potencia máxima que podían alcanzar en el cicloergómetro, ni en la distancia recorrida en el test de los 6 minutos ni el la escala de calidad de vida. Concluyen diciendo que el entrenamiento a fuerza consigue un aumento de este parámetro pero que no aporta ventaja adicional en cuanto a mejoría en calidad de vida ni capacidad de ejercicio. A nuestro modo de ver este trabajo tiene varias limitaciones. La primera es la falta de un grupo control, pero la fundamental es que carece de un grupo específicamente entrenado a fuerza para ver las posibilidades fisiológicas de este tipo de entrenamiento que a nuestro entender va más allá de hacer unos programas de entrenamiento más amenos y variados para los pacientes. Por último, insistir que el grupo en el que se indicó tratamiento a fuerza se encontró también un aumento significativo en el área de sección del músculo medida por TAC de alta resolución.

Como podemos ver las mejorías en la calidad de vida de los pacientes son propias de cualquier programa de rehabilitación, pero en nuestra opinión no logran reflejar las diferencias fisiológicas logradas. Otra explicación de esta situación puede ser la falta de adecuación de la modalidad de entrenamiento a las necesidades individualizadas de cada paciente. En nuestra opinión son necesarios nuevos estudios que permitan conocer las carencias, o las características basales de los pacientes que se beneficiarían de un programa destinado a potenciar su fuerza o su resistencia. Quizás los cambios en la función muscular periférica de nuestro estudio no son de la suficiente magnitud como para que tengan reflejo en los tests utilizados, o bien puede ocurrir que estos no tengan la suficiente sensibilidad para captarlos. Otra posible explicación de esta disociación podría ser la relativa especificidad del estímulo del entrenamiento, de forma que las mayores mejorías en la función tienen lugar en aquellos tests que utilicen los movimientos entrenados. Esto implicaría que estos movimientos deberían recordar las actividades más relevantes en la vida diaria de los pacientes. Con esto quizás conseguiríamos una mayor repercusión en la calidad de vida.

Creemos que hay algunos tipos de paciente que realmente obtendrían una gran mejoría de calidad de vida potenciando su fuerza muscular periférica y aumentando su masa muscular. Incluso debemos considerar que podrían tolerar mejor un programa basado en el levantamiento de pesas, que en el mantenimiento de un esfuerzo pedaleando por el incremento en la ventilación minuto y en la disnea que esto supone.

De todas formas, las ganancias fisiológicas obtenidas con un entrenamiento mixto, pese a su poco reflejo en cuanto a disnea y calidad de vida respecto a los entrenamientos más específicos a fuerza o a resistencia, nos hacen pensar que esta forma de entrenamiento debería ser un modo más

recomendable a la hora de diseñar un programa general de rehabilitación cardiopulmonar para pacientes con EPOC.

Hay pocos estudios donde se valore la persistencia de los efectos conseguidos con el entrenamiento. Sin embargo, parece admitirse la necesidad de continuar con un programa de ejercicios de mantenimiento, si se quiere que las mejorías en la tolerancia al ejercicio conseguidas con el protocolo inicial de rehabilitación intensiva persistan en el tiempo. Para afirmar esto, de todas formas sería necesario conocer con claridad el tiempo de persistencia de los efectos del entrenamiento y los diferentes trabajos discrepan en este punto. Por lo demás, hay que tener en cuenta que la persistencia de los efectos sobre la resistencia muscular pueden ser muy diferentes de los de la fuerza. No conocemos ningún trabajo publicado que halla estudiado la persistencia de los efectos del entrenamiento a fuerza.

Srijbos[111] comparó los efectos de la rehabilitación en un grupo de pacientes que la realizaron en el hospital, otro grupo que la realizó en su domicilio y otro grupo control. Los dos grupos que fueron sometidos a tratamiento mejoraron la capacidad máxima y funcional de ejercicio. La mejoría, no obstante, fue mejor mantenida a los 18 meses en el grupo que realizó la rehabilitación en su domicilio. En cualquier caso, se deduce del trabajo que algunos de los efectos conseguidos tras el entrenamiento se mantienen hasta los 18 meses de la finalización del programa.

Los beneficios a largo plazo de la rehabilitación cardiopulmonar, en lo que respeta a la calidad de vida, han sido analizados en un trabajo realizado por Griffiths[136] . El estudio analizó los resultados obtenidos en 200 pacientes con EPOC con un programa de rehabilitación respiratoria que se desarrolló durante 6 semanas y que se componía de tratamiento educacional, consejo

nutricional, entrenamiento muscular de extremidades superiores e inferiores, técnicas de relajación y terapia ocupacional. A todos los pacientes se les realizaba una valoración inicial, con pruebas de función pulmonar, Shuttle Walking Test (SWT), cuestionarios de calidad de vida, genéricos (SF 36) y específicos (St. George RQ y CRQD) y cuestionarios para valorar el grado de ansiedad y depresión (HA). A los 12 meses del programa existía un declinar en las mejorías observadas, pero todavía el grupo entrenado mostraba resultados significativamente mejores que el grupo control. Resultados parecidos se pueden apreciar en otros trabajos[137].

Güell y colaboradores[138] realizaron recientemente un estudio para examinar los efectos a corto y largo plazo de un programa de rehabilitación cardiopulmonar en disnea, capacidad de esfuerzo, calidad de vida y tasas de hospitalización. Estudiaron a 60 pacientes con EPOC moderado-severa (30 controles y 30 pacientes sometidos a un programa de entrenamiento muscular periférico y de la musculatura respiratoria), los entrenados mejoraron significativamente en disnea, en calidad de vida (disnea, fatiga y función emocional). Estas mejorías resultaron evidentes al tercer mes del programa y continuaron, con una pequeña caída, a los 2 años de seguimiento. También comprobaron una reducción del número de exacerbaciones pero no del de hospitalizaciones.

En nuestro trabajo, a los tres meses de la finalización del programa de ejercicios, decidimos realizar un último control sobre los diferentes parámetros de esfuerzo máximo, de resistencia y de calidad de vida que veníamos efectuando, para valorar la persistencia de los efectos logrados con el programa de entrenamiento y también diferenciar si era posible entre las diferentes modalidades de entrenamiento específico.

Respecto al grupo total de pacientes entrenados, en las pruebas funcionales respiratorias, lógicamente no encontramos cambios significativos.

En esfuerzo máximo con cicloergómetro, hubo una caída en el consumo máximo y en la potencia máxima alcanzadas. Todos estos parámetros disminuyeron hasta unos niveles similares y sin diferencias significativas respecto a los valores basales previos al inicio de las actividades. En el Shuttle Walking Test (SWT) hubo también un ligero decremento, tanto en el nivel como en la distancia recorrida, manteniéndose sin embargo significativamente por encima de los valores basales.

Nosotros en resistencia, a los 3 meses de la finalización del programa de ejercicios, nos encontramos con una caída de la endurance, pero persistiendo a un nivel significativamente mayor que su valor basal. (32,6 vs 49,9 minutos; $p < 0,001$). En fuerza muscular periférica hubo una ligera, aunque significativa caída en los cinco ejercicios controlados, pero persistiendo todavía a un nivel significativamente mayor que el basal. En chest pull de 39 a 49 Kg, en butterfly de 16 a 21 Kg, en neck press de 21 a 25 kg, en leg flexion de 16 a 26 Kg y en leg extensión de 36 a 50 Kg.

La calidad de vida y la disnea se mantuvieron estables tras este periodo de tiempo, quedando por encima de los valores basales.

Parece ser que a los tres meses de la finalización del programa de entrenamientos todavía persisten algunos efectos fisiológicos y en disnea y calidad de vida. Los beneficios parecen mantenerse durante un tiempo, independientemente de que se haga un mantenimiento reglado. En el metaanálisis de Cambach et al se comprueba cómo los efectos del entrenamiento parecen mantenerse durante al menos 9 meses, con o sin programa de seguimiento[139].

En este aspecto los trabajos publicados tratan de desarrollar programas sencillos para que los pacientes se ejerciten en su domicilio con algunas sesiones de reciclaje a nivel hospitalario. En el trabajo de Wijkstra[53] estudiaron a 36 pacientes con EPOC (13 controles y 23 entrenados, 11 con supervisión semanal de los ejercicios y 12 con control mensual). A los 12 y 18 meses se comprobaba que los controles reducían significativamente la potencia máxima obtenida con el cicloergómetro y la distancia caminada en el test de los seis minutos caminando, mientras que los entrenados se mantenían al mismo nivel.

Ries et al[14], en su estudio sobre 119 pacientes con EPOC (57 entrenados y 62 controles), el entrenamiento durante 2 meses permitió un incremento escasamente significativo en consumo máximo de oxígeno, y más importante en la carga máxima alcanzada en un tapiz rodante, en la endurance, en la sensación de disnea y en la de fatiga muscular durante el ejercicio, o en los test de disnea para la realización de las actividades cotidianas del paciente. Tras una sesión de mantenimiento mensual comprobaron un mantenimiento esta mejoría durante 6 meses en percepción de fatiga muscular durante el ejercicio o de disnea en las actividades diarias. La persistencia de la mejoría fue de 12 meses en la carga máxima tolerada y en la endurance y de 24 meses en la sensación de disnea percibida durante la realización de ejercicio.

Al estudiar lo que ocurría en cada grupo, sometido a un tipo diferente de entrenamiento, encontramos que no existieron diferencias en los decrementos en pruebas funcionales respiratorias o en parámetros de esfuerzo máximo entre ellos.

La resistencia al ejercicio prácticamente no varió en tres meses tras la finalización del entrenamiento en ninguno de los grupos. Los entrenados a fuerza pasaron de 45,9 a 45,1 minutos, los entrenados a resistencia de 73,1 a 66,6 y los que realizaron un entrenamiento mixto pasaron de 50,5 a 42,5 minutos. Al estudiar la fuerza muscular vimos cómo los entrenados a fuerza y los entrenados de forma mixta tuvieron unas pérdidas significativas en todos los ejercicios, aún así se mantuvieron significativamente por encima de los valores basales.

Al analizar los test de disnea o de calidad de vida no encontramos diferencias significativas en los decrementos de los diferentes grupos.

Por nuestros resultados a los 3 meses de la finalización del programa de ejercicios podemos decir que prácticamente han desaparecido las pequeñas ganancias ya comentadas en los parámetros de esfuerzo máximo. Se mantienen las mejorías en el shuttle walking test, fuerza muscular periférica y en el test de endurance. También parece que las ganancias en fuerza podrían disminuir más rápidamente que las ganancias en resistencia, aun permaneciendo significativamente más altas que los valores basales de partida. Finalmente, los logros de disnea y calidad de vida permanecen prácticamente inalterados durante este periodo de tiempo, aunque hay que tener en cuenta que es un periodo demasiado corto.

En resumen, la rehabilitación respiratoria debería ser adoptada como una forma integral de tratamiento de los pacientes con una enfermedad respiratoria crónica. Un aspecto que no se contempla con frecuencia y que habría que tener en cuenta en la valoración de futuros programas de rehabilitación respiratoria es su impacto posterior en el consumo de recursos sanitarios, e incluso su repercusión en la supervivencia de estos pacientes. Trabajos recientes[136] parecen indicar que la rehabilitación respiratoria

conseguiría que el número de ingresos por paciente fuera significativamente menor, así como el número de días de estancia hospitalaria.

Capítulo VI: Conclusiones.

A la vista de los resultados obtenidos y comentados en el texto, podemos extraer las siguientes conclusiones:

- Un programa basado en un entrenamiento muscular periférico en pacientes con Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica (EPOC) provoca fundamentalmente aumentos significativos en la tolerancia al esfuerzo submáximo, en la fuerza muscular periférica y en la sensación de disnea y calidad vida.

- Las ganancias fisiológicas alcanzadas con un programa de entrenamientos son específicas, en gran medida, para el grupo muscular ejercitado.

- El entrenamiento a fuerza es bien tolerado por los pacientes y permite una mejoría en fuerza, disnea y calidad de vida, así como en endurance aunque no de un modo comparable a si se entrena ésta de forma específica. De igual manera, el aumento en fuerza muscular periférica que se consigue con un programa de resistencia es significativamente menor que el conseguido con el entrenamiento a fuerza.

- Un programa de entrenamiento mixto consigue unas mejorías significativas tanto en fuerza como en endurance, comparables a las logradas con cada uno de los entrenamientos específicos. Sin embargo, estos resultados más globales no se diferencian en calidad de vida o en sensación de disnea respecto a los de pacientes específicamente entrenados a fuerza o a resistencia.

- A corto plazo los beneficios de un entrenamiento muscular periférico persisten tanto en parámetros objetivos como de calidad de vida.

Capítulo VII: Resumen.

Nuestro objetivo fue demostrar el efecto beneficioso en la capacidad de ejercicio y en la sintomatología clínica de un programa específico de entrenamiento de la potencia muscular en pacientes con EPOC estable. Quisimos comparar el efecto del entrenamiento a fuerza con el obtenido con un programa tradicional de entrenamiento a resistencia, así como comprobar la aportación del entrenamiento conjunto, a potencia y a resistencia frente a cada uno de ellos por separado. De forma secundaria quisimos comprobar la persistencia a corto plazo del efecto del entrenamiento con los ejercicios de fuerza frente a los de resistencia.

Para ello estudiamos a 72 pacientes con una EPOC moderada-severa y los incluimos en un programa de entrenamiento al ejercicio de 12 semanas de duración. De una forma prospectiva, aleatoria y randomizada los distribuimos en cuatro grupos de entrenamiento: controles, entrenados a resistencia, entrenados a fuerza y entrenados de forma mixta.

El programa de entrenamiento consistía en 3 sesiones por semana de 45 minutos de duración. Tras realizar una tabla de calentamiento, cada grupo entrenaba de forma específica.

- Los de resistencia entrenaban pedaleando en una bicicleta ergométrica regulada al 70 % de su potencia máxima.

- Los de fuerza en una estación multigimnástica ejercitándose con 4 series de 6 repeticiones de 5 ejercicios que englobaban a grandes masas musculares de miembros superiores e inferiores: chest pulls, butterfly, neck press, leg curls, y leg extension. La carga se fue incrementando

progresivamente desde el 70% del peso máximo que podía levantar el paciente en una ocasión (1 RM), al principio de la semana, hasta el 85% al final de la sexta sesión. Cada dos semanas el peso máximo (1 RM) era reevaluado para ajustar la carga adecuada de entrenamiento en cada paciente.

- Los pacientes que realizaban un entrenamiento mixto dedicaban la mitad del tiempo de cada sesión a un entrenamiento a fuerza, siguiendo la misma metodología pero realizando únicamente 2 series de cada ejercicio, y la otra mitad al entrenamiento a resistencia con bicicleta, empezando por uno u otro tipo aleatoriamente.

- Los del grupo control realizaron todas las pruebas establecidas y se les optimizó la atención médica convencional, pero no participaron en ningún programa de ejercicio.

Los 72 pacientes incluidos inicialmente en nuestro estudio, 71 varones y 1 mujer. Tenían una edad media de 64 años con un obstrucción importante al flujo aéreo, con un FEV1 medio del 38 % (1070 ml de media), un moderada hiperinsuflación, con un FRC medio del 165 % (5516 ml de media) y un RV medio del 196 % (4542 ml de media). Así como una aceptable conservación gasométrica, con una PaO_2 media de 69 mmHg y una $PaCO_2$ media de 44 mmHg.

Realizamos una serie de controles: basalmente, tras el entrenamiento y finalmente a los 3 meses de la finalización del entrenamiento, sin que los pacientes realizaran ningún tipo de ejercicio programado, para objetivar la persistencia de los efectos alcanzados con el entrenamiento.

Analizamos los cambios en pruebas funcionales respiratorias (espirometría y gasometría arterial). Parámetros de esfuerzo máximo (VE, VO_2, W), medidos en un test de esfuerzo con cicloergómetro y con control de los gases espiratorios. Se les realizó el Shuttle Walking Test (SWT), como test de paseo con una carga progresiva según el protocolo modificado por Singh.

Como medida de endurance, les realizamos un test de esfuerzo submáximo con una bicicleta regulada al 70 % de la potencia máxima que inicialmente alcanzaba cada paciente en el test de esfuerzo máximo, midiendo el tiempo en minutos que podían mantener los pacientes el ritmo de pedaleo.

Para determinar los cambios en fuerza muscular periférica utilizamos el test del 1 RM, consistente en medir la carga máxima en kilogramos que un paciente podía levantar en una única maniobra forzada con cada uno de los 5 ejercicios que estábamos ejercitando en la estación multigimnástica.

Para valorar la repercusión en disnea utilizamos la escala de disnea de Mahler con sus tres items: magnitud de la tarea (MT), incapacidad funcional (IF) y magnitud del esfuerzo (ME), puntuándose de más a menos disnea del 0 al 4 en cada items.

Para estudiar la influencia en la calidad de vida utilizamos el test de Guyatt del CQRD con sus 4 items: disnea (D), fatiga (F), función emocional (FE) y control de la enfermedad (CE), puntuándose de menos a más calidad del 1 al 7 en cada items.

En la primera fase de entrenamiento tuvimos 10 pérdidas, 3 controles por falta de motivación y 7 pacientes entrenados, uno por lesión muscular, tres por agudizaciones respiratorias y finalmente otros tres por falta de motivación. Al finalizar el programa de entrenamiento estudiamos a 62 pacientes.

Para analizar los efectos globales del programa de entrenamiento, comparamos los pacientes entrenados (n = 47) con los del grupo control (n = 15). Mientras que los controles no experimentaron variaciones significativas, los entrenados mejoraron significativamente su consumo de oxígeno máximo (del 63 al 70 %) y su potencia máxima (del 31 al 36 %), e incrementaron su ventilación minuto máxima (de 37, 8 a 41,1 l/minuto). Mejoraron significativamente el nivel (de 6,8 a 7,5) y los metros recorridos (de 450 a 521 m) en el SWT.

También encontramos ganancias tanto en fuerza muscular periférica como en endurance (tabla VIII) en el grupo entrenado, incrementando su resistencia en 21,6 minutos y su 1 RM en chest pull en 12,2 Kg, en Butterfly en 8,4 Kg, en neck press en 6,3 Kg, en leg flexion en 11,5 Kg y en leg extensión en 15,5 Kg de media.

En disnea y en calidad de vida los entrenados mejoraron significativamente respecto a sus valores basales en todos los items estudiados. En la escala de disnea de Mahler tenemos que: en MT pasaron de 1,8 a 2,3, en IF de 1,9 a 2,3 y en ME de 2 a 2,5. En los del test del CQRD: en D pasaron de 3,5 a 4,3, en F de 4,6 a 5,2, en FE de 4,8 a 5,2 y en CE de 5,2 a 5,6.

Para ver la modalidad más adecuada de entrenamiento comparamos los diferentes grupos entre sí. No encontramos diferencias significativas entre ellos al comparar parámetros de esfuerzo máximo (tabla XIV).

Al comparar los resultados en fuerza y resistencia, vemos como los pacientes entrenados a fuerza aumentaron de una forma significativa su 1 RM, respecto a los entrenados a resistencia, sin embargo estos incrementaron significativamente su endurance respecto a los entrenados a fuerza. Los pacientes que entrenaron de una forma mixta incrementaron

ambos parámetros, su fuerza y su resistencia, de una forma bastante similar a los grupos que entrenaron de forma específica en estas modalidades (tabla XVIII).

En disnea y calidad de vida no hubo diferencias entre los distintos grupos.

A los 3 meses de la finalización de los ejercicios realizamos un último control, sobre los 48 pacientes que completaron el estudio (controles N = 10, entrenados N = 38). Hubo pérdidas significativas de las ganancias logradas en fuerza, aunque se mantuvieron por encima de los valores basales, y un mantenimiento en las de resistencia (tabla XXXVI). Respecto a la disnea y la calidad de vida los valores se mantuvieron estables en este periodo de tiempo (tablas XXXVIII y XL).

En definitiva comprobamos que un programa de rehabilitación cardiopulmonar permite algunas mejoría leves en parámetros de esfuerzo máximo, pero sobre todo permite ganancias en la tolerancia a un esfuerzo submáximo, una mejoría en la disnea y en la calidad de vida. Y que las mejorías son específicas para el grupo muscular ejercitado.

Podemos ver que el entrenamiento mixto es más completo que los otros desde un punto de vista fisiológico, consiguiendo unas mejorías significativas tanto en fuerza como en endurance comparables a las logradas con cada uno de los entrenamientos específicos. Estos efectos, sin embargo no parecen repercutir o al menos diferenciarse en los resultados en calidad de vida y sensación de disnea.

Por último a los 3 meses de la finalización del programa de ejercicios han desaparecido las pequeñas ganancias en los parámetros de esfuerzo máximo. Se mantienen las mejorías en el shuttle walking test, fuerza muscular periférica y test de endurance. La fuerza parece disminuir más rápidamente que las ganancias en resistencia, aun permaneciendo

significativamente más alta que los valores basales. Finalmente, los efectos sobre la disnea y la calidad de vida permanecen prácticamente inalterados durante este periodo de tiempo.

Capítulo VIII: Bibliografía.

1. Castillo J. EPOC: Perspectivas actuales. Ed. GRUPO Aula Médica; 1995: capítulo I: páginas 3-17.

2. Brotons B, Pérez JA, Sánchez-Toril F y cols. Prevalencia de la Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica y del Asma. Estudio transversal. Arch Bronconeumol 1994;30:146.

3. Krief B. Gabinete de estudios sociológicos. Impacto social y económico de la EPOC en España. Edit. SEPAR-Zambon 1995; 5:51.

4. Cooper JD and Lefrank SS. Is a volume reduction surgery appropriate in the treatment of emphysema?. Yes. Am J Respir Crit Care Med 1996; 153:1201-1204.

5. Make BJ and Fein AM. Is volume reduction surgery appropriate in the treatriment of emphysema?. No. Am J Respir Crit Care Med 1996; 153:1205-1207.

6. Fletcher C, Peto R, Tucker C and Speizar FE. The natural history of chronic bronchitis and emphysema. Oxford, England. Oxford University Press 1976.

7. Medical Research Conuncil Working Group. Long term domiciliary oxygen therapy in chronic hypoxic cor pulmonale complicating chronic bronchitis and emphysema. Lancet 1981; 1:681-686.

8. Guyatt GH, Berman LB, Townsend M, Pugsley SO, Chambers LW et al. A measure of quality of life for clinical trials in chronic lung disease. Torax 1987;47: 733-738.

9. Güell R, Casan P, Sangenís y cols. Traducción española y validación de un cuestionario de calidad de vida en pacientes con Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica. Arch Bronconeumol 1995; 31:202-210.

10. Jones PW. Issues concerning health-related quality of life in COPD. Chest 1995; 107:S187-S193.

11. Pulmonary Rehabilitation Research NIH Workshop Summary. Am Rev Respir Dis 1994; 49:825.

12. Hudson L, Tyler M, Petty T. Hospitalisation needs during and outpatient rehabilitation program for severe chronic airway obstruction. Chest 1976; 70:606.

13. Jensen PS. Risk protective factors, and supportive interventions in chronic airway obstruction. Arch Gen Psychiatry 1983; 40:1203.

14. Ries AL, Kaplan R, Linberg T and Prewitt LM. Effects of pulmonary rehabilitation on physiologic and psychosocial outcomes in patients with chronic obstructive pulmonary disease. Ann Intern Med 1995; 122:823-832.

15. Casaburi R. Exercise training in chronic obstructive lung disease. In Casaburi R, Petty TL (eds): Principles and Practise of Pulmonary Rehabilitation. Philadelphia, WB Saunders Co, 1993.

16. Celli BR: Pulmonary rehabilitation. Am J Respir Crit Care Med 1995; 152: 361

17. Couser J.I., Martínez F.J., Celli B.R. Pulmonary rehabilitation that includes arm exercise reduces metabolic and ventilatory requirements for simple arm elevation. Chest 1993;103:37-41.

18. Crockoft AE, Saunders MJ, Berry G: Randomised controlled trial of rehabilitation in chronic respiratory disability. Torax 1981; 36:2003.

19. Goldstein RS, Gork EH, Stubbing D, Avendado MA and Guyatt GH. Randomised controlled trial of respiratory rehabilitation. Lancet 1994; 344:1394-1397.

20. Gosselink RA, Wagenaar RC, Rijswijk H, et al: Diaphragmatic breathing reduces efficiency of breathing in patiens with chronic obstructive pulmonary disease. Am J Respir Crit Care Med 1995; 151:1136-1142.

21. Lake FR, Henderson K, Briffa T, Openshaw J and Musk AW. Upper-limb and lower-limb exercise training in patients with chronic airflow obstruction. Chest 1990; 97:1077-82.

22. Make BJ. Pulmonary rehabilitation: Myth or reality. Clin Chest Med 1986; 7:515.

23. O'Donnell DE, Webb HA, McGuire MA. Older patients with COPD: Benefits of exercise training. Geriatrics 1993; 48:59.

24. Petty T, Nett LM, Finigan MM, et al. A comprehensive program for chronic airway obstruction: Methods and preliminary evaluation of symptomatic and functional improvement. Ann Intern Med 1969; 70:1109.

25. Reardon J, Awad E, Normandin E, et al. The effect of comprehensive outpatient pulmonary rehabilitation on dyspnea. Chest 1994; 105:1046-1052.

26. Wijkstra PJ, Van Altena R, Kraan J, et al. Quality of life in patients with chronic obstructive pulmonary disease improves after rehabilitation at home. Eur Respir J 1994; 7:269.

27. O'Hara WJ, Lasachuk BP, Matheson P, Renahan MC, Schlotter DG and Lilker ES. Weight training and back packing in chronic obstructive pulmonary disease. Respir Care 1984; 29:1202.

28. Belman M, Kendregan BE. Exercise training fails to increase skeletal muscle enzymes in patiens with chronic pulmonary disease. Am Rev Respir Dis 1981; 123:256.

29. Maltais F, Simard AA, Simard C, Jobin J, Despagnes P, Leblanc P. Oxidative capacity of the skeletal muscle and lactic acid kinetics during exercise in normal subjects and in patients with COPD. Am J Respir Crit Care Med 1996; 153:288-293.

30. Güell R, Morante F, Sangenis M, et al. Effects of respiratory rehabilitation on the effort capacity and the health related quality of life of

patients with chronic obstructive pulmonary disease. Eur Respir J 1995:19:S356.

31. Sinclair DJ and Ingram CG. Controlled trial of supervised exercise training in chronic bronchitis. Br Med J 1980; 1:519.

32. O'Donnell DE, McGuire M, Samis L and Webb A. General exercise training improves ventilatory and peripheral muscle strength and endurance in chronic airflow limitation. Am J Respir Crit Care Med 1998; 157:1489-1497.

33. Cooper J, Trulock E, Triantafillou A, et al. Bilateral pneumectomy (volumen reduction) for chronic obstructive pulmonary disease. J Torac Cardiovasc Surg 1995; 109:106.

34. Sciurba F, Rogers R, Keenan R, et al. Improvement in pulmonary function and elastic recoil after lung reduction surgery for diffuse emphysema. N Engl J Med 1996; 334:1095.

35. O'Donnell DE, Webb K, Bertley J, et al. Mechanism of relief of exercional breathlessness following unilateral bullectomy and lung volume reduction surgery in emphysema. Chest 1996; 110:18.

36. Hodgkin JE, Connors GL, Bell C. Pulmonary Rehabilitation. Guidelines to Success, ed 2. Philadelphia, Lippincott, 1993.

37. Fiore MC, Smith SS, Jorenby DE and Baker TB. The effectiveness of nicotine path for smoking cessation. JAMA 1994; 271:1940-1947.

38. Toral J, Ortega F, Cejudo P, Güalberto MR, Sánchez H y Montemayor T. Eficacia de un programa de deshabituación al tabaco con tratamiento sustitutivo combinado de nicotina (parches más chicles) a los 6 meses de seguimiento. Arch Bronconeumol 1998; 34:281-284.

39. Smith K, Cook D, Guyatt GH, Madhavan J and Oxman AD. Respiratory muscle training in chronic airflow limitation: A metha-analysis. Am Rev Respir Dis 1992; 145:533-539.

40. Wilson DO, Rogers RM, Sanders MH, Pennock BE, Reilly JJ. Nutricional intervention in malnourished patients with emphysema. Am Rev Respir Dis 1986; 124:672-677.

41. Rogers RM, Donahoe M, Costantino J. Physiologic effects of oral supplemental feeding in malnourished patients with chronic obstructive pulmonary disease. A randomised control study. Am Rev Respir Dis 1992; 146:1511-1517.

42. White RJ, Rudkin ST, Ashley J, Stevens VAJ, Burrows S, Pounsford JC, Cratchley G and Ambler NR. Outpatient pulmonary rehabilitation in severe chronic obstructive pulmonary disease. Journal of the Royal College of Physicians of London 1998; 31:541-545.

43. Nocturnal Oxygen Therapy Trial Group. Continuous or nocturnal oxygen therapy in hypoxemic chronic obstructive lung disease. A clinical trial. Ann Intern Med 1980; 92:391.

44. Anthonisen N, Connet J, Kiley J et al. The effect of smoking intervention and the use of an inhaled anticholinergic bronchodilator on the rate of decline in FEV1. The Lung Health Study. JAMA 1994; 272:1497.

45. Buist AS, Sexton GJ, Nagy JM. The effect of smoking cessation and the modification on lung function. Am Rev Respi Dis 1976; 114:115.

46. Lacasse Y, Wong E, Guyatt G, King D, Cook DJ and Goldstein RS. Meta-analysis of respiratory rehabilitation in chronic obstructive pulmonary disease. Lancet 1996; 348:1115.

47. Payen J, Wuyam B, Levy P et al. Muscular metabolism during oxygen supplementation in patients with chronic hypoxemia. Am Rev Respir Dis 1993; 147:592-598.

48. McDonald CF, Blyth CM, Lazarus MD, Marschner I, Barter CE. Exertional oxygen of limited benefit in patients with chronic obstructive

disease and mild hypoxemia. Am J Respir Crit Care Dis 1995; 152:1616-1619.

49. Rooyackers JM, Dekhuijzen PNR, van Herwaarden CLA and Folgering HTM. Training with supplemental oxygen in patients with COPD and hypoxaemia at peak exercise. Eur Respir J 1997; 10:1278-1284.

50. Terrados N, Jansson E, Sylven C and Kaijser L. Is hypoxemia a stimulus for synthesis of oxidative enzymes and myoglobin?. J Apply Physiol 1990; 68:2369-2372.

51. Cambach W, Chadwick-Straver RVM, Wagenaar RC, Van Keimpema ARJ, Kemper HCG. The effects of a community-based pulmonary rehabilitation programme on exercise tolerance and quality of life: a randomised controlled trial. Eur Respir J 1997; 10:104-113.

52. Strijbos JH, Postma DS, Van Altena R, Gimeno F and Koëter GH. A comparison between an outpatient hospital-based pulmonary rehabilitation program and a home-care pulmonary rehabilitation program in patients with COPD (a follow up of 18 months). Chest 1996; 109:366-372.

53. Wijkstra PJ, Van der Mark TW, Kraan J, Van Altena R, Koeter GH and Postma DS. Long-term effects of home rehabilitation on physical performance in chronic obstructive pulmonary disease. Am J Respir Crit Care Med 1996; 153:1234-1241.

54. Clark CJ, Cochrane JE and Mackay E. Low intensity peripheral muscle conditioning improves exercise tolerance and breathlessness in COPD. Eur Respir J 1996; 9:2590-2596.

55. American College of Sports Medicine. Position stand. The recommended quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory and muscular fitness in healthy adults. Med Sci Sports Exerc 1990; 22:265-274.

56. Hollozy JO and Coyle EF. Adaptations of skeletal muscle to endurance exercise and their metabolic consequences. J Appl Physiol 1984; 56:831-838.

57. Gallager CG. Exercise limitation and clinical exercise testing in chronic obstructive pulmonary disease. Clin Chest Med 1994; 15(2):305-326.

58. Casaburi R, Wasserman K, Patessio A, Loli F, Zanaboni S, Donner CF. A new perspective in pulmonary rehabilitation: anaerobic threshold as a discriminant in training. Eur Respir J. 1989; 2:618s-623s.

59. Casaburi R, Patessio A, Ioli F, Zanaboni S, Donner CF and Wasserman K. Reductions in exercise lactic acidosis and ventilation as a result of exercise training in patients with obstructive lung disease. Am Rev Respir Dis 1991; 143:9-18.

60. Patessio A, Casaburi R and Carone M. Comparision of gas exchange, lactate and lactic acidosis thresholds in patients with chronic obstructive pulmonary disease. Am Rev Respir Dis 1993; 148:622-626.

61. Simpson K, Killian K, McCartney N, Stubbing DG and Jones NL. Randomised controlled trial of weightlifting exercise in patients with chronic airflow limitation. Torax 1992; 47:70-75.

62. Milani RV and Lavie CJ. Disparate effects of out-patients cardiac and pulmonary rehabilitation programs on work efficiency and peak aerobic capacity in patients with coronary disease or severe obstructive pulmonary disease. J Cardiopulmonary Rehabil 1998; 18:17-22.

63. Casaburi R, Porszasz J, Burns MR, Carithers ER, Change RSY and Cooper CB. Physiologic benefits of exercise training in rehabilitation of patients with severe chronic obstructive pulmonary disease. Am J Respir Crit Care Med 1997; 155:1541-1555.

64. Maltais F, LeBlanc P, Simard C, Jobin J, Bérubé C, Bruneau J, Carrier L and Belleau R. Skeletal muscle adaptation to endurance training in patients

with Chronic Obstructive Pulmonary Disease. Am J Respir Crit Care Med 1996; 154:442-447.

65. ZuWallack RL, Patel K, Reardon JC, et al. Predictors of improvement in the 12-minute walking distance following a six-week outpatient pulmonary rehabilitation program. Chest 1991; 99:805.

66. Celli BR. The clinical use of upper extremity exercise. Clin Chest Med 1994; 15:339.

67. Ries AL, Ellis B, Hawkins RW. Upper extremity exercise training in chronic obstructive pulmonary disease. Chest 1988; 93:688.

68. Keens TG, Krastins JR, Wannamaker EM et al. Ventilatory muscle endurance training in normal subjects and patients with cystic fibrosis. Am Rev Respir Dis 1977; 116:853.

69. Martinez FJ, Vogel PD, Dupont DN, Stanopoulos I, Gray A and JF Beamis. Supported arm exercise vs unsupported arm exercise in the rehabilitation of patients with severe chronic airflow obstruction. Chest 1993; 103:1397-1402.

70. Casaburi R. Physiologic responses to training. Clin Chest Med 15:215-228.1994.

71. Hamilton A., Killian K., Summers E., Jones N. Muscle strength, symptom intensity, and exercise capacity in patients with cardiorespiratory disorders. Am J respir Crit Care Med 1995;152:2021-31.

72. Gosselink RA, Troosters T and Decramer M. Peripheral muscle weakness contributes to exercise limitation in COPD. Am J Respir Crit Care Med 1996; 153:976-980.

73. Low DE, Trulock EP, Kaiser LR, et al. Morbidity, mortality and early results of single versus bilateral lung transplantation for emphysema. J Torax Cardiovasc Surg 1992; 103:1119-1126.

74. Toral J, Ortega F, Cejudo P, Elías T, Sánchez H y Montemayor T. Fuerza de los músculos periféricos en pacientes con EPOC estable: correlación con parámetros funcionales respiratorios y de calidad de vida. Arch Bronconeumol 1999; 35:117-121.

75. González JJ y Gorostiaga E. Fundamentos del entrenamiento a fuerza.1995. Primera edición INDE publicaciones. Capítulo I: Concepto de fuerza. 19-63.

76. Lillegard WA and Terrio JD. Appropriate strength training. Med Clin North Am 1994; 78(2):457-477.

77. Jakobsson P, Jorfeldt L and Brundin A. Skeletal muscle metabolites and fibre types in patients with advance chronic obstructive pulmonary disease (COPD), with and without chronic respiratory failure. Eur Respir J 1990; 3:192-196.

78. McCartney N., McKelvie R.S., Haslam D.R., MSc, Jones N.L. Usefulness of weightlifting training in improving strength and maximal power output in coronary artery disease. Am J Cardiol 1991;67:939-945.

79. Brown AB, McCartney N, Sale DG. Positive adaptation to weight-lifting training in the elderly. J Appl Physiol 69(5):1725-1733,1990.

80. Bernard S, Whittom F, LeBlanc P, Jobin J, Belleau R, Bérubé C, Carrier G and Maltais F. Aerobic and strength training in patients with Chronic Obstructive Pulmonary Disease. Am J Respir Crit Care Med 1999; 159:896-901.

81. González JJ y Gorostiaga E. Fundamentos del entrenamiento a fuerza.1995 Primera edición INDE publicaciones Capítulo VII: Evaluación de la fuerza. 243-321.

82. American Thoracic Society (ATS). Standards for diagnosis and care of patients with chronic obstructive pulmonary disease (COPD) and asthma. Am Rev Respir Dis 1987; 136:225-244.

83. Montemayor T, Alfajeme I, Escudero, Morera J y Sánchez Agudo L. Normativa de la Sociedad Española de Patología Respiratoria (SEPAR) sobre el diagnóstico y tratamiento de la enfermedad pulmonar obstructiva crónica. Arch Bronconeumol 1996; 32:285-301.

84. Kamburoff PL and Woitowitz HJ. Prediction of spirometry indices. Br J Dis Chest 1972; 81.

85. Recomendaciones de la Sociedad Española de Neumología y Cirugía Torácica (SEPAR). Normativa para espirometría forzada. Barcelona: Ed. Doyma, 1985.

86. American Thoracic Society (ATS). Standardisation spirometry-1987 update. Am Rev Respir Dis 1987; 136:1285-1289.

87. Dubois AB, Botelho SY, Bedell GN, Marshall R, Comroe JH. A rapid plethysmographic method for measuring thoracic gas volume: a comparison with a nitrogen washout in normal subjects. J Clin Invest 1956; 35:322-329.

88. Goldman HI, Becklake MR. Respiratory function test. Normal values at median attitudes and the prediction of normal results. Am Rev Tub 1959; 79:457-467.

89. Recomendaciones SEPAR. Normativa sobre gasometría arterial. Barcelona: Ed. Doyma, 1987.

90. Rodríguez E, Díaz M, Castillo J, Montemayor T, Ramis P, Verano A. Valores gasométricos normales en nuestro laboratorio, su relación con otros parámetros de la exploración funcional respiratoria. Arch Bronconeumol 1976; 12:68-72.

91. Ortega F., Montemayor T., Sánchez A., Cabello F. and Castillo J. Role of cardiopulmonary exercise testing and the criteria used to determine disability in patients with severe chronic obstructive disease. Am J Respir Crit Med Care Med. 1994;150:747-751.

92. Wasserman K, Hansen JE, Sue DY, et al. Principles of exercise testing and interpretation, ed 1, Philadelphia, Lea-Febiger, 1987.

93. Singh SJ, Morgan MDL, Scott S, Walters D and Hardman AE. Development of a shuttle walking test of disability in patients with chronic airways obstruction. Torax 1992; 47:1019-1024.

94. Mahler DA, Weinbergt DH, Wells CK et al. The measurement of dyspnea: contens, interobserver agreement and physiologic correlates of two new clinical indexes. Chest 1984; 85:751-758.

95. Mahler DA, Guyatt GH, Jones PW. Clinical measurement of dyspnea. En Mahler DA (ed). Dyspnea. New York, Marcel Dekker, 1998; pp 149-198.

96. American Thoracic Society (ATS). Pulmonary Rehabilitation-1999. Am J Respir Crit Care Med 1999; 159:1666-1682.

97. American Thoracic Society/European Respiratory Society. Skeletal muscle dysfunction in chronic obstructive pulmonary disease. Am J Respir Crit Care Med 1999; 159:S1-S40.

98. Ries AL. Position paper of American association of Cardiovascular and Pulmonary Rehabilitation: scientific basis of pulmonary rehabilitation. J Cardiopulm Rehabil 1990; 10:418-441.

99. Killian KJ, Leblanc P, Martín DH, Summers E, Jones NL, Cambell FJM et al. Exercise capacity and ventilatory, circulatory, and symptom limitation in chronic airflow limitation. Am Rev Respir Dis 1992; 146:935-940.

100. Schols AMWJ, EFM Wouters, PB Soeters and KR Westerterp. Body composition by bioelectrical impedance analysis compared to deuterium dilution and skinfold anthropometry in patients with chronic obstructive pulmonary disease. Am J Clin Nutr 1991; 53: 421-424.

101. Schols AMWJ, PB Soeters, AMC Dingemans, R Mostert, PJ Frantzen and EFM Wouters. Prevalence and characteristics of nutritional depletion in patients with stable COPD eligible for pulmonary rehabilitation. Am Rev Respir Dis 1993; 147: 1151-1156.

102. Wuyam B, JF Payen, P Levy, H Bensaïdane, H Reutenauer, JF Le Bas, and AL Benabid. Metabolism and aerobic capacity of skeletal muscle in chronic respiratory failure related to chronic obstructive pulmonary disease. Eur Respir J 1992; 5: 157-162.

103. Hughes RL, H Katz, V Sahgal, JA Campbell, R Hartz, and TW Shields. Fiber size and energy metabolites in five separate muscles from patients with chronic obstructive lung disease. Respiration 1983; 44: 321-328.

104. Whittom F, J Jobin, PM Simard, P Leblanc, C Simard, S Bernard, R Belleau, and F Maltais. Histochemical and morphological characteristics of the vastus lateralis muscle in COPD patients. Med. Sci. Sports Exerc. 1998; 30: 1467-1474.

105. Hildebrand, I. L., C. Sylven, M. Esbjonrsson, K. Hellstrom, and E. Jansson. 1991. Does chronic hypoxaemia induce transformation of fibre types? Acta Physiol Scand 1991; 141: 435-439.

106. Sato Y, T Asoh, Y Honda, Y Fujimatso, I Higuchi, and K Oizumi. Morphologic and histochemical evaluation of muscle in patients with chronic pulmonary emphysema manifesting generalized emaciation. Eur Neurol 1997; 37: 116-121.

107. Satta A, GB Migliori, A Spanevello, M Neri, R Bottinelli, M Canepari, MA Pellegrino and C Reggiani. Fibre types in skeletal muscles of chronic

obstructive pulmonary disease patients related to respiratory function and exercise tolerance. Eur Respir J 1997; 10: 2853-2860.

108. Möller P, K Hellström and IL Hermansson. Myoglobin content in leg muscle in patients with chronic obstructive lung disease. Respiration 1984; 45: 35-38.

109. Simard C, F Maltais, P Leblanc, PM Simard and J Jobin. Mitochondrial and capillarity changes in vastus lateralis muscle of COPD patients: electron microscopy study. Med Sci Sports Exerc 1996; 28: S95 .

110. Wijkstra PJ, Ten Vergert EM, Van Altena R, Otten V, Kraan J, Postma DS and Koëter GH. Long term benefits of rehabilitation at home on quality of life and exercise tolerance in patients with chronic obstructive pulmonary disease. Torax 1995; 50:824-828.

111. Strijbos JH, Koëter GH, Meinesz AF. Home care rehabilitation and perception of dyspnea in chronic obstructive pulmonary disease (COPD) patients. Chest 1990; 97:109s-110s.

112. Ortega F, Montemayor T, Morales MA, Ayerbe R, Hernandez F y Castillo J. Variabilidad de la medida de la sensación de disnea durante el esfuerzo en pacientes con Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica (EPOC). Arch Bronconeumol 1993; 19:7-11.

113. Singh SJ, Morgan MDL, Hardman AE, Rowe C, Bardsley PA. Comparison of oxygen uptake during a conventional treadmill test and the shuttle walking test in patients with chronic airflow limitation. Eur Respir J 1994; 7:2016-2020.

114. Elías T, Ortega F, Fernández J, Toral J, Sánchez H y Montemayor T. Comparación de un test de paseo de carga progresiva (shuttle walking test) con una prueba de esfuerzo en cicloergómetro en pacientes con EPOC. Arch Bronconeumol 1997; 33:498-502.

115. Wedzicha JA, Bestall JC, Garrod R, Garnham R, Paul EA and Jones PW. Randomized controlled trial of pulmonary rehabilitation in severe chronic obstructive pulmonary disease patients, stratified with the MRC dyspnea scale. Eur Respir J 1998; 12:363-369.

116. Goldstein RS, Redelmeier DA, Baksh L, Guyatt GH. Subjective comparison ratings of walking ability in patients with COPD. Proceedings of the 5th International Conference on Pulmonary Rehabilitation and Home Ventilation. Denver, Colorado, 1995:99.

117. Moritani T, de Vries H. Potential for gross muscle hypertrophy in older men. J Gerontol 1980; 35:672-82.

118. Stewart K. Resistance training effects on strength and cardiovascular endurance in cardiac and coronary patients. Med Sci Sports Exerc 1988; 21:678-682.

119. Vale F, Reardon JZ and ZuWallack RL. The long term benefits of outpatient pulmonary rehabilitation on exercise endurance and quality of life. Chest 1993; 103:42-45.

120. Güell R y Casan P. Entrenamiento al esfuerzo como técnica terapéutica en los pacientes con Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica. Arch Bronconeumol 1994; 30:89-93.

121. Decramer M, Lacquet LM, Fagard R and Rogiers P. Corticosteroids contribute to muscle weakness in chronic airflow obstruction. Am Rev Respir Dis 1994; 150: 11-16 .

122. Troosters T, Gosselink R, Rollier H and Decramer M. Change in lower limb muscle strength contributes to altered six minute walking distance in COPD. Eur Respir J 1996; 9: 144s .

123. Schols AMWJ, Mostert R, Soeters PB and Wouters EFM. Body composition and exercise performance in patients with chronic obstructive pulmonary disease. Thorax 1991; 46: 695-699.

124. Baarends EM, Schols AMWJ, Mostert R and Wouters EFM. Peak exercise in relation to tissue depletion in patients with chronic obstructive pulmonary disease. Eur Respir J 1997; 10: 2807-2813.

125. Evans AB, Al-Himyary AJ, Hrovat MI, Pappagianopoulos P, Wain JC, Ginns LC and Systrom DM. Abnormal skeletal muscle oxidative capacity after lung transplantation by ^{31}P-MRS. Am J Respir Crit Care Med 1997; 155: 615-621.

126. Maltais F, Leblanc P, Jobin J, Berube C, Bruneau J, Carrier L, Breton M, Falardeau G and Belleau R. Intensity of training and physiologic adaptation in patients with chronic obstructive pulmonary disease. Am J Respir Crit Care Med 1997; 155: 555-561.

127. Belman MJ. Exercise in patients with chronic obstructive pulmonary disease. Thorax 1993; 48: 936-946.

128. Mohsenifar Z, Horak D, Brown HV and Koerner SK. Sensitive indices of improvement in a pulmonary rehabilitation program. Chest 1983; 83: 189-192.

129. Vallet G, Ahmaïdi S, Serres I, Fabre C, Bourgoin D, Desplan J, Varray A and Préfaut C. Comparison of two training programmes in chronic airway limitation patients: standardized versus individualized protocols. Eur Respir J 1997; 10: 114-122.

130. Serres I, Varray A, Vallet G, Micallef JP and Préfaut C. Improved skeletal muscle performance after individualized exercise training in patients

with chronic obstructive pulmonary disease. J Cardpulm Rehabil 1997; 17: 232-238.

131. Clark CJ, Cochrane JE, Mackay E and Paton B. Skeletal muscle strength and endurance in patients with mild COPD and the effects of weigh training. Eur Respir J 2000; 15:92-97.

132. Hickson RC, Rosenkoetter MA and Brown MM. Strength training effects on aerobic power and short-term endurance. Med Sci Sports Exerc 1980; 12:336-339.

133. Frontera WR, Meredith CN, O'Reilly KP, Knuttgen HG and Evans WJ. Strength conditioning in older men: skeletal muscle hypertrophy and improved function. J Appl Physiol 1988; 64:1038-1044.

134. Fiatarone MA, Marks EC, Ryan ND, Meridieth CN, Lipsitz LA and Evans WJ. High intensity strength training in nonagenarians. JAMA 1990; 263:3029-3034.

135. Rogers MA and JW Evans. Changes in skeletal muscle with aging: effects of exercise training. In JO Holloszy, editors. Exercise and Sports Science Reviews. Williams and Wilkins. Philadelphia 1993; 65-102.

136. Griffiths TL, Bun ML, Campbel IA, Lews-Jenks V, Mullins J, Shields PJ, Turner-Lawlve, Pane N, Newcombe RG, Linescu AA, Thomas J and Tunbrige J. Results at 1 year of outpatient multidisciplinary pulmonary rehabilitation: a randomised controlled trial. Lancet 2000; 355:362-368.

137. Ketelaars CAJ, Abu-Saad H, Schlösser MAG, Mostert R and Wouters EFM. Long-term outcome of pulmonary rehabilitation inpatients with COPD. Chest 1997; 112:363-369.

138. Güell R, Casan P, Belda J, Sangenis M, Morante F, Guyatt GH and Sanchís J. Long term effects of outpatient rehabilitation of COPD: A randomised trial. Chest 2000; 117:976-983.

139. Cambach W, Wagenaar RC, Koelman TW, van Keimpema AR and Kemper HC. The long-term effects of pulmonary rehabilitation in patients with asthma and chronic obstructive pulmonary disease: a research synthesis. Arch Phys Med Rehabil 1999; 80:103-111.

UNIVERSIDAD DE SEVILLA

Reunido el Tribunal integrado por los abajo firmantes en el día de la fecha, para juzgar la Tesis Doctoral de D. JAVIER TORRE MARIN

titulada COMPARACIÓN ENTRE EFECTO DE ENTRENAMIENTO A FUERZA Y A RESISTENCIA EN PACIENTES CON ENFERMEDAD PULMONAR OBSTRUCTIVA CRONICA (EPOC

acordó otorgarle la calificación de SOBRESALIENTE "CUM LAUDE" 5 VOTOS POR UNANIMIDAD

Sevilla, 27 de Julio 2011

El Vocal, El Vocal, El Vocal,

El Presidente El Secretario, El Doctorado,