



REVISTA DE
PATOLOGÍA RESPIRATORIA

www.elsevier.es/pr



ORIGINAL

Relación de la saturación de O₂ en la prueba de los seis minutos marcha con la masa muscular y la fuerza de contracción del cuádriceps en hombres con EPOC

C. Gutiérrez Ortega^a, F. J. Gómez de Terreros Sánchez^b, F. J. Gómez de Terreros Caro^c y L. Callol Sánchez^b

^aHospital Central de la Defensa, Servicio de Medicina Preventiva, Madrid, España.

^bUniversidad Complutense de Madrid, Madrid, España.

^cServicio de Neumología, Hospital San Pedro de Alcántara, CIBERES, Cáceres, España.

Recibido el 18 de noviembre de 2009; aceptado el 4 de julio de 2011

PALABRAS CLAVE

Enfermedad pulmonar obstructiva crónica;
Test de seis minutos marcha;
Masa muscular;
Fuerza del cuádriceps

Resumen

Hipótesis: Entre las causas de la disfunción muscular en la EPOC se menciona el déficit en el aporte de oxígeno durante el ejercicio. Por ello, la saturación observada tras la prueba de la marcha de seis minutos (P6m) debe tener relación con la masa y la función muscular. **Población, material y métodos:** Se estudian 48 pacientes varones con EPOC, en distintos estadios GOLD, y 28 con bronquitis crónica (BC). Se les realizó una espirometría, análisis de composición corporal, P6m, registro de la saturación de la hemoglobina media y mayor o menor del 4% y análisis de la fuerza de contracción del cuádriceps (FCC). Se determina el trabajo realizado por la fórmula de Chuang y la masa muscular por la ecuación de Janssen. **Resultados:** No hubo diferencias significativas en la edad, índice de masa corporal (IMC), índice de masa libre de grasa (IMLG), índice de masa muscular (IMM) y FCC, P6m y trabajo realizado (Ww) entre los grupos. La desaturación $\geq 4\%$ es más frecuente en el grupo EPOC ($p < 0,01$) con independencia del estadio y se relaciona con una reducción de la distancia recorrida ($p = 0,025$). La SpO₂ media tras la marcha $\leq 89\%$ diferencia a la población con EPOC de la población con BC ($p = 0,002$). No se encuentra relación entre los distintos niveles de SpO₂ media tras la marcha y los parámetros de masa muscular (IMM, IMLG). Sí existen diferencias significativas entre la SpO₂ media tras la marcha $\leq 90\%$ y la distancia recorrida ($p = 0,04$). Cuando la SpO₂ media es $\leq 89\%$ se reduce el Ww ($p = 0,032$) y cuando la SpO₂ media es $\leq 88\%$ se aprecia una disminución en la FCC ($p = 0,05$). **Conclusiones:** Tras la P6m la SpO₂ es más frecuente en la EPOC sin correspondencia con el estadio GOLD y sólo se relaciona con la distancia alcanzada. La SpO₂ media tras el P6m es más sensible, ya que se relaciona en primer lugar con el rendimiento después con el Ww y con posterioridad la FCC. No encontramos relación entre los parámetros de desaturación estudiados y las medidas de masa muscular.

*Autor para correspondencia.

Correo electrónico: jgtiterreros@telefonica.net; jagoteca@gmail.com (F.J. Gómez de Terreros Sánchez)

KEYWORDS

Chronic obstructive lung disease;
6 minutes walking test;
Muscle mass;
Quadriceps strength

Relationship between O₂ saturation in the 6-minute walking test with muscle mass and contraction strength of the quadriceps in men with COPD

Abstract

Hypothesis: Among the causes of muscle dysfunction in COPD, mention has been made of decreased oxygen delivery during exercise. Saturation levels during the 6 minutes walking test could be associated to muscle mass and function.

Population, material and methods: A group of 75 males patients, 48 (68.6%) males with COPD in different GOLD stages and 28 (74%) with chronic bronchitis (CB) were studied. Tests performed were spirometry, body mass composition analysis, 6 minutes walking test (6MWT), recording of mean hemoglobin saturation and greater or less than 4%, quadriceps voluntary contraction strength test (QMVC). Work performed (Ww) was determined by the Chuang equation and muscle mass by the Janssen Equation.

Results: No statistical differences were found in age, body mass index (BMI), free fat mass index (FFMI), muscle mass index (MMI) and QMVC, 6MWT and Ww between the COPD and CB groups. Desaturation $\geq 4\%$ was more frequent in the COPD group ($p < 0.01$) and was related with a limitation in the distance walked ($p = 0.025$). The mean SpO₂ after 6MWT of $\leq 89\%$ differentiates the COPD from the CB population ($p = 0.002$). We found no relationship between the different levels of SpO₂ after the walk test and muscle mass parameters (MMI, FFMI).

There was a statistical difference between patients with a mean SpO₂ after the walk test $\leq 90\%$ and the distance reached ($p = 0.04$). When the mean SpO₂ was $\leq 89\%$, there was a decrease in the WW ($p = 0.032$). When the mean SpO₂ was $\leq 88\%$ we found a decrease in the QMVC ($p = 0.05$).

Conclusions: After the 6MWT, SpO₂ is more frequent, this having no relationship with the GOLD stage and is only related with the distance reached. Mean SpO₂ after the 6MWT is more sensitive since it is related to performance parameters in the first place, then with muscle strength, and later with quadriceps contraction strength. We found no relationship between the desaturation parameters studied and the muscle mass measurements.

Introducción

Dentro de los efectos sistémicos reconocidos en la enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC) se encuentra la disfunción del sistema muscular, en muchas ocasiones factor limitante de la capacidad de esfuerzo que condiciona un mayor grado de incapacidad que la disnea¹.

Las causas a las que se atribuye la disfunción muscular en la EPOC son múltiples. Entre ellas destacan: las alteraciones producidas por una baja eficacia en el metabolismo aerobio, la atrofia secundaria al sedentarismo, el tratamiento con corticoides, el incremento del estrés oxidativo, la permanencia de una situación inflamatoria y, finalmente, la hipoxia muscular durante el ejercicio ante una función respiratoria comprometida².

No todos los grupos musculares están afectados en la misma proporción. Bernard y sus colaboradores³ han mostrado cómo los músculos de las extremidades superiores y los respiratorios están preservados en comparación con el cuádriceps en la población con EPOC.

Esto puede ser atribuido a que los músculos respiratorios y de las extremidades superiores están sujetos a una actividad permanente, o a que la distribución del aporte de oxígeno sea preferente para ellos en detrimento de los menos necesarios para la respiración. Ello implica que en los pacientes en los que la saturación desciende con exceso con la actividad física ordinaria se puede producir una merma en el aporte de oxígeno a las extremidades inferiores.

En las situaciones que limitan la carga total de oxígeno se puede originar una redistribución del aporte de oxígeno que beneficie a los músculos respiratorios en perjuicio de otros grupos musculares como los de las extremidades inferiores¹.

Si esta teoría es válida, debemos suponer que las alteraciones en la saturación de la hemoglobina tras el test de la marcha pueden tener alguna relación, bien con la masa muscular (MM) o con la función, sobre todo de los músculos de las extremidades inferiores.

El análisis de la situación muscular, en cuanto a masa, fuerza y rendimiento, puede ser estimada en la práctica clínica mediante bioimpedancia eléctrica⁴, con determinación de la masa libre de grasa (MLG) o su índice que es la masa libre de grasa dividida por el peso del individuo (IMLG), que nos proporciona el valor de la masa no grasa del individuo. En su medida incluye el tejido óseo, la grasa de las membranas celulares y el agua intersticial. Una mejor aproximación a la medida de la MM la obtenemos mediante la ecuación de Janssen⁵ y su índice de MM (iMM) (MM/h²).

La estimación de la función muscular se puede realizar mediante la determinación de la fuerza de contracción voluntaria máxima del cuádriceps, determinada en un sillón de medidas de fuerza isométrica. Se ha descrito que la fuerza de contracción del cuádriceps (FCC) está disminuida en la población con EPOC, incluso en estadios iniciales, en circunstancias no atribuibles al sedentarismo, sin mostrar relación con el estado nutricional ni con los gases arteriales. Se ha relacionado esta medida con el pronóstico de la EPOC,

constituyendo un valor para ello, independiente de otros parámetros de la función respiratoria^{2,6,7}.

Otro medio de evaluar la función muscular es mediante la prueba de la marcha de seis minutos (P6m)⁸. Se mide, no sólo la distancia recorrida, sino el comportamiento de la saturación de la hemoglobina, con una sensibilidad para este parámetro superior a la que se obtiene con otras pruebas de esfuerzo como la cicloergometría^{8,9}. Ofrece, además, la ventaja de que el análisis del comportamiento de la saturación de la hemoglobina es similar a las alteraciones que se producen en la vida diaria^{10,11}.

A partir de los datos obtenidos en la P6m podemos calcular el trabajo realizado durante la misma. El trabajo de caminar sobre una superficie horizontal podría ser semejante al efectuado sobre una cinta con nivel horizontal. La fórmula para el cálculo de dicho trabajo¹² sería: $W_H = K \cdot m \cdot v \cdot t \cdot \cos f$, donde K es el coeficiente de trabajo en kcal kg⁻¹ km⁻¹; m es la masa corporal; v es a velocidad de la marcha; t es el tiempo consumido y f el ángulo de la inclinación de la cinta que, en este caso, es 0 (cos 0 = 1). K es una constante cuando la distancia recorrida se sitúa entre los 250 y 600 metros. Por lo tanto, el trabajo efectuado al caminar en el test de la marcha de 6 minutos (6W_w) es igual al producto de la distancia por la masa corporal. Este parámetro se considera en la literatura como un valor muy relacionado con las medidas de función pulmonar, el intercambio gaseoso y el consumo de oxígeno¹³⁻¹⁵.

Nos planteamos en qué medida están implicadas las diversas determinaciones de la desaturación tras la P6m en las poblaciones con bronquitis crónica (BC) y EPOC en sus distintos estadios, en qué medida se relaciona con la distancia alcanzada en la P6m, con la fuerza, el trabajo y el rendimiento muscular, así como qué parámetro de medida de la desaturación detecta mejor sus cambios.

Población, material y métodos

Se trata de un estudio descriptivo transversal. Para ello se reclutó en una consulta ambulatoria de neumología a pacientes con EPOC en situación estable y con historia de tabaquismo de al menos 20 paquetes al año, y a un grupo similar de pacientes fumadores afectados de BC conforme a los criterios de la *American Thoracic Society*¹⁶. Fueron criterios de exclusión: haber sufrido exacerbaciones en los seis meses previos, comorbilidades que impidieran la P6m, asma, enfermedades neuromusculares o no firmar el consentimiento informado. La espirometría se efectuó según la normativa de la Sociedad Española de Neumología y Cirugía Torácica¹⁷ y los estadios de EPOC según los criterios GOLD¹⁶. Establecimos entre ellos sólo dos categorías: GOLD 1-2, que fue el grupo A, y GOLD 3-4 el grupo B. Mediante la bioimpedancia eléctrica (BIA) determinamos el índice de masa corporal (IMC), la masa grasa (MG), la MLG y el IMLG. El equipo empleado fue un TANITA TBF 300 (Biológica Tecnológica Médica, Barcelona, España). La frecuencia utilizada fue de 50KHz y 800 µA. Todas las medidas fueron efectuadas con el sujeto vestido con ropa ligera, en posición de pie, descalzo sobre la balanza, con los brazos en ligera abducción del tronco y los pies un poco separados. Los valores antropométricos fueron determinados automáticamente por el aparato a partir de la ecuación de Steiner¹⁸.

Se estableció como IMC normal para la edad de la muestra —entre los 46 y 80 años— los valores comprendidos entre 24,9 y 29,9 kg/m², considerando como hiponutridos a los que estaban por debajo de 22,4 kg/m² y obesos los que superaban los 29,9 kg.

La MLG expresa la masa magra. Los valores normales para la población entre los 40 y 89 años están entre 60 ± 5,7, para los de 40 años y 56,3 ± 5,9 para los de 89 años¹⁹. El IMLG se calcula dividiendo la MLG por la superficie corporal. Los valores promedios para la población general se sitúan en 16,89 kg/m².

Se aplicó la ecuación de Janssen⁵ para el cálculo indirecto de la MM a partir de los datos de la BIA con la siguiente fórmula:

$$MM(\text{kg}) = \left[\left(\frac{Ht^2}{R_{x0,401}} \right) + (\text{género} * 3,825) + \text{edad} * (-0,071) \right] + 5,102$$

Donde Ht es altura en centímetros y R la resistencia de la bioimpedancia en ohmios (Ω); al género masculino se da un valor 1 y al femenino 0.

La evaluación del momento de fuerza máxima isométrica del músculo cuádriceps se llevó a cabo en un sillón isocinético (EN-KNEE®, Enraf Nonius, Madrid). Se solicitó a cada paciente un esfuerzo máximo de extensión de la pierna durante 5 segundos contra una banda fija con estímulo verbal estandarizado “empuje, empuje”. Tras el intento, el paciente descansó como mínimo 1 minuto. El tiempo de momento de fuerza no debe superar los 5 segundos. Se realizó la prueba tres veces con cada uno y se seleccionó el mejor valor obtenido en la pierna dominante. El trabajo resultante se expresó en Newton x metro (N·m).

La P6m se ejecutó según la normativa de la *American Thoracic Society*²⁰. El pulsioxímetro utilizado fue el modelo Minolta® pulso x 3i. Se establecieron como valores patológicos bajos las distancias que estuvieran por debajo de los 332 m. Se considera desaturación de oxígeno por el esfuerzo cuando toma un valor < 88%, o cuando sufre un decremento > 4% con respecto al valor basal mantenido durante cuatro minutos²¹. Las distancias teóricas se estimaron empleando las fórmulas descritas por Enright²².

Se calculó el trabajo efectuado (Ww) multiplicando el peso (kg) por la distancia recorrida (kg·m)¹⁴ y se consideró como IMM normal para los hombres una cifra de MM > 10,76 kg/m².

El estudio fue aprobado por el comité de ética del Hospital Central de la Defensa Gómez Ulla y todos los pacientes firmaron el consentimiento informado.

Análisis estadístico

Como medida de la tendencia central se empleó la media aritmética y de dispersión, la desviación estándar para variables cuantitativas, y las frecuencias absolutas y relativas en tanto por ciento (%) para variables categóricas. Para estudiar la relación entre variables categóricas se utilizó el test X² de Pearson o la prueba exacta de Fisher. La asociación entre una variable independiente dicotómica y dependiente cuantitativa se verificó mediante la prueba de la “t” de Student Fischer para muestras independientes o la U de Mann-Whitney, según se asumiera o no, respectivamente, el supuesto de la normalidad de las distribuciones. Para medir asociaciones lineales entre variables cuantita-

Tabla 1 Valores antropométricos y funcionales

		EPOC	BC
Número		48	29
Edad (años)		67 ± 8,8	63 ± 10
Grados EPOC	GOLD 1	14 (29,6%)	
	GOLD 2	9 (19,7%)	
	GOLD 3	20 (40,8%)	
	GOLD 4	5 (9,9%)	
IMC (kg/m ²)		26,9 ± 4,9	27,2 ± 4,5
IMLG (kg/m ²)		19,1 ± 1,8	20 ± 1,9
MLG (kg)		50,7 ± 9	
MM (kg)		26,7 ± 5,1	26,9 ± 4,7
IMM (kg/m ²)		9,34 ± 1,6	9,73 ± 1,3
FCC (N·m)		193 ± 58	241,6 ± 81
P6m (m)		419,2 ± 85	482 ± 113
Ww (kg·m)		34,8 ± 8	39,3 ± 11,6

BC: bronquitis crónica; EPOC: enfermedad pulmonar obstructiva crónica; FCC: fuerza de contracción del cuádriceps; IMC: índice de masa corporal; IMLG: índice de masa libre de grasa; MLG: masa libre de grasa; IMM: índice de masa muscular; MM: masa muscular; P6m: prueba de la marcha de los 6 minutos.

tivas se empleó el test de correlación lineal de Pearson, para distribuciones gaussianas, o el de Spearman para las no paramétricas. Como prueba de hipótesis para variables independientes politómicas y dependientes cuantitativas se utilizó el ANOVA de una vía o el test de Kruskal Wallis, según se asumiera o no, respectivamente, la normalidad de las distribuciones. Las comparaciones múltiples se ejecutaron mediante el test de Bonferroni. Se consideró como asociación estadísticamente significativa aquella que mostró un valor de $p < 0,05$. Para todo ello se empleó la aplicación estadística SPSS v.15.

Resultados

En la tabla 1 se describen las características antropométricas y funcionales de los pacientes de la muestra. La edad media fue de 67 ± 8,8 años para los enfermos con EPOC, y de 63 ± 10 años para los de BC. De ellos 29 padecían BC y 48 EPOC. Su distribución según el estadio GOLD fue: 21 (29,6%) del grupo 1, 14 (19,7%) del grupo 2, 29 (40,8%) del grupo 3 y 7 (9,9%) del grupo 4.

El volumen espiratorio forzado en el primer segundo (FEV₁) ml/seg medio del grupo con BC fue de 87 (20,7%), frente al 57,9 (11,2%) del grupo con EPOC. No hubo diferencias significativas en cuanto a la edad entre ambos grupos.

Considerando a todos los integrantes del estudio, el 17% tenían un IMC inferior a 22,4 kg/m², el 58% estaban dentro del rango normal (22,5 a 29,9 kg/m²) y el 25% eran obesos. No hubo diferencias significativas en la distribución de hiponutridos, normonutridos y obesos entre los grupos con EPOC y BC.

Con respecto al IMLG en el grupo con BC fue de 20 ± 1,9 kg/m². El IMLG en el grupo de EPOC tenía un valor medio de 19,1 ± 1,8 kg/m². El IMM en la población con EPOC fue

Tabla 2 Diferencia de desaturación del 4% frente a la EPOC

		EPOC	No EPOC BC
Varón (p = 0,001)	< 4%	10 (30,3%)	17 (77,3%)
	≥ 4%	23 (69,7%)	5 (22,7%)

BC: bronquitis crónica; EPOC: enfermedad pulmonar obstructiva crónica.

de 9,34 ± 1,6 kg/m². En el grupo con BC se alcanzaron valores similares de 9,73 ± 1,3 kg/m² sin que hubiera entre ambos grupos diferencias significativas.

La media de la distancia recorrida a los 6 minutos fue de 419,2 ± 85 m para los pacientes con EPOC y de 482 ± 113 para los del grupo con BC. No se observaron diferencias significativas entre ambos grupos.

En cuanto al cálculo del Ww, se aprecia un valor para toda la muestra estudiada de 36,4 ± 9,6 kg/m. Si los distinguimos por grupos, en la EPOC los valores son de 34,8 ± 8 kg/m. En el grupo con BC se obtuvieron valores de 39,3 ± 11,6 kg/m. No hubo diferencias significativas entre el grupo con BC y EPOC en cuanto a las determinaciones del Ww.

Análisis de las relaciones entre desaturaciones del 4% tras la P6m y los parámetros de sexo, masa y rendimiento muscular

En la tabla 2 se exponen los resultados de las saturaciones mayores y menores del 4% tras la P6m en las dos poblaciones EPOC y BC. En el grupo con BC se produce un descenso mayor o igual del 4% en la saturación parcial de O₂ (SpO₂) en el 17,9% de los casos, frente al 82,1% en la población con EPOC ($p < 0,01$). Se observan diferencias significativas de desaturación del 4% en la población con EPOC respecto a la población con BC, ($p = 0,001$) (tabla 2). Dentro del grupo con EPOC no hubo diferencias significativas de desaturación del 4% entre los clasificados como EPOC incipiente (GOLD 1 y 2) y EPOC avanzada (GOLD 3 y 4).

En la tabla 3 se observan los resultados de las determinaciones de MM (IMM, IMLG), fuerza (FCC) y trabajo muscular (Ww) en los pacientes sometidos a la P6m en función de la diferencia de desaturación < 4% y ≥ 4%. En los mismos no se encontraron diferencias significativas entre los que desaturan ± 4%.

Sin embargo, sí se observaron diferencias significativas en la distancia recorrida en la P6m entre los pacientes que tenían una desaturación mayor o menor del 4%, ($p = 0,025$). Los no desaturadores recorren el 98,6% de la distancia teórica y los desaturadores el 88,3% de la misma ($p < 0,04$). Al producirse una merma en la distancia recorrida con un trabajo similar, cabe interpretar que la desaturación ≥ 4% tras la P6m provoca un decremento del rendimiento en el esfuerzo que se traduce en una pérdida de distancia potencial alcanzable de 58,5 m de media.

Así pues, la desaturación mayor del 4% se acompaña de una disminución en la distancia recorrida y traduce la pérdi-

Tabla 3 Relación entre la diferencia de desaturación tras el P6m y las determinaciones de masa, fuerza y rendimiento muscular

	Diferencia de desaturación 4%	N	Media
IMM (kg/m ²)	< 4%	20	9,5 ± 1,3
	≥ 4%	25	9 ± 1,7
IMLG (kg/m ²)	< 4%	22	19 ± 1,8
	≥ 4%	25	19,6 ± 2,4
Ww (kg*m)	< 4%	24	38 ± 11
	≥ 4%	28	35,1 ± 10,1
FCC (Nm)*	< 4%	27	222,6 ± 86
	≥ 4%	28	206 ± 67

FCC: fuerza de contracción del cuádriceps; IMLG: índice de masa libre de grasa; IMM: índice de masa muscular; Ww: trabajo realizado.

*p < 0,05.

da de rendimiento realizado, al efectuar el mismo trabajo (Ww) para conseguir una menor distancia. Esta circunstancia es más frecuente en los pacientes con EPOC que en los que padecen BC.

Análisis de la SpO₂ media tras la P6m

Con el objeto de tener grupos equivalentes en número para el análisis estadístico contemplamos tres poblaciones. En la primera la SpO₂ tras la P6m era del 90%, en la segunda estaba entre el 88 y 89,9% y en la tercera era inferior al 88%. En 41 (74,5%) de los casos fue ≥ 90%, en 6 (10,9%) se mantuvo entre el 88 y 89,9% y fue inferior al 88% en 8 (14,5%). Se observó que la SpO₂ media ≥ 89% tras la P6m no diferencia la población con o sin EPOC (p = 0,719); sin embargo, sí se observaron frecuencias diferentes entre ambas poblaciones tras la P6m con saturaciones por debajo del 89% (p = 0,002).

En la tabla 5 se muestran los valores alcanzados según los resultados de la saturación media, tras la P6m, fueron: ≥ 90%, entre 88-89,9%, e inferiores al 88% en relación con la P6m, la FCC, el IMM, el IMLG y el Ww.

No se aprecian diferencias significativas para los valores referentes de la MM (IMM, IMLG) entre los diferentes niveles de saturación.

Si se relaciona con la distancia recorrida en la P6m y con el Ww una saturación tras la marcha entre 88-89,9% implica una disminución en la distancia recorrida respecto a los valores ≥ 90% de media 95 m (p = 0,05) mantenida cuando la saturación media cae por debajo del 88%.

Cuando la saturación media se sitúa por debajo del 88% también se aprecia un descenso en el trabajo realizado respecto del correspondiente a una saturación ≥ 90% de 7,4 kg/m (p = 0,032). También cuando la saturación media tras el test de la marcha es ≤ 88% es significativa la caída en la FCC, que pierde una media de 61 N.m respecto a niveles de saturación ≥ 90% (p < 0,028). Se percibe que según el grado de desaturación se afecta primero el rendimiento (distancia recorrida) luego la fuerza (FCC) y por último el

Tabla 4 Diferencia de desaturación del 4% y distancia teórica y distancia recorrida en varones

	Distancia teórica (m)	Distancia recorrida (m)
< 4%*	505 ± 96	499 ± 106
≥ 4%*	498 ± 71	440 ± 79

*p < 0,05.

trabajo (Ww). Es la saturación media medida tras el test lo que mejor se relaciona con estos parámetros de medida de rendimiento, fuerza y trabajo.

Discusión

La caída en el rendimiento y la fuerza muscular se ha atribuido² a diversas causas como: el estrés oxidativo debido a la liberación de radicales libres, miopatía provocada por la terapéutica con esteroides, derivaciones nutritivas, inmovilidad, hipoxia e isquemia relativa, así como una reducción en la relación entre el número de capilares con respecto al tejido muscular a nutrir^{2,24}.

En nuestra población, los pacientes no habían recibido esteroides orales y sólo en cuatro casos fueron administrados por cortos espacios de tiempo durante las exacerbaciones. En ningún caso hubo desnutrición por falta de ingesta.

Coincidimos con Aliverti y Macklem¹ en que ni los esteroides, ni la nutrición o el sedentarismo, pese a tener algún papel en determinadas circunstancias, son los factores principales de la decadencia en la eficiencia muscular en la EPOC y que ésta descansa en el deterioro del aporte energético a los músculos. Por ello hemos creído oportuno relacionar la MM, el rendimiento muscular, la fuerza y el trabajo realizado con el comportamiento de la saturación de oxígeno tras la P6m.

El primer objetivo del presente estudio es determinar en qué medida se comporta y distingue el comportamiento de la desaturación tras la P6m en las poblaciones con BC y EPOC en sus distintos estadios. Encontramos que ante dos poblaciones con patología respiratoria una obstructiva y la otra no, con ausencia de diferencias en las determinaciones de rendimiento, masa, fuerza y trabajo muscular el único

Tabla 5 Relación de los niveles de saturación media tras el test de la marcha en relación con la presencia de enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC) en varones

Saturación media	EPOC	No EPOC (BC)
≥ 90%	21 (51,2%)	20 (48,8%)
89,9% a 88%	4 (66,7%)	2 (33,3%)
< 88%	8 (100,0%)	0 (,0%)

BC: bronquitis crónica; EPOC: enfermedad pulmonar obstructiva crónica.

Tabla 6 Relación de los niveles de saturación media tras el test de la marcha en relación con la distancia recorrida, fuerza de contracción del músculo cuádriceps (FCC), índice de masa muscular (IMM), índice de masa libre de grasa (IMLG) y trabajo (6Ww)

Saturación media	Distancia recorrida (m) p = 0,008*	FCC (Nm) p = 0,074*	IMM p = 0,689*	IMLG p = 0,394*	6Ww p = 0,043*
≥ 90%	492 (92)	225,2 (73)	9,4 (1,6)	19,3 (1,8)	38,4 (9,7)
88% a 89,9%	397 (67)	205 (61,4)	9 (1,4)	18,4 (2,4)	31,2 (8,7)
< 88%	404 (92,3)	164,3 (35)	9,8 (1,2)	20 (2,1)	31 (6,7)

*ANOVA de una vía.

parámetro que las separa de forma significativa es el descenso de la SpO₂ ≥ 4% tras la P6m.

La ausencia de fuerza discriminadora de las medidas de MM, fuerza y rendimiento entre ambas poblaciones coinciden con los resultados obtenidos por Heijdra et al¹³. Estos autores sugieren que la afectación muscular en cuanto a masa es común en la mayoría de los pacientes con EPOC estable y que las alteraciones en la eficiencia no son suficientes para distinguirla de una población sin obstrucción de la vía aérea.

Sin embargo, conviene advertir que el grupo de pacientes con BC incluye una importante proporción de desaturadores ≥ 4% tras la P6m, muy por encima del valor del 1% considerado como adecuado para una población sana¹⁰. Esto implica que la admisión venosa cualquiera que sea su mecanismo ya está presente en esta población cuando aún no se cumplen los criterios establecidos para el diagnóstico de EPOC.

El comportamiento de la SpO₂ añade un argumento más para que se reconsidere la expulsión conceptual del grupo GOLD 0 de la clasificación GOLD. La alteración en la saturación en el esfuerzo en esta población fumadora, sin limita-

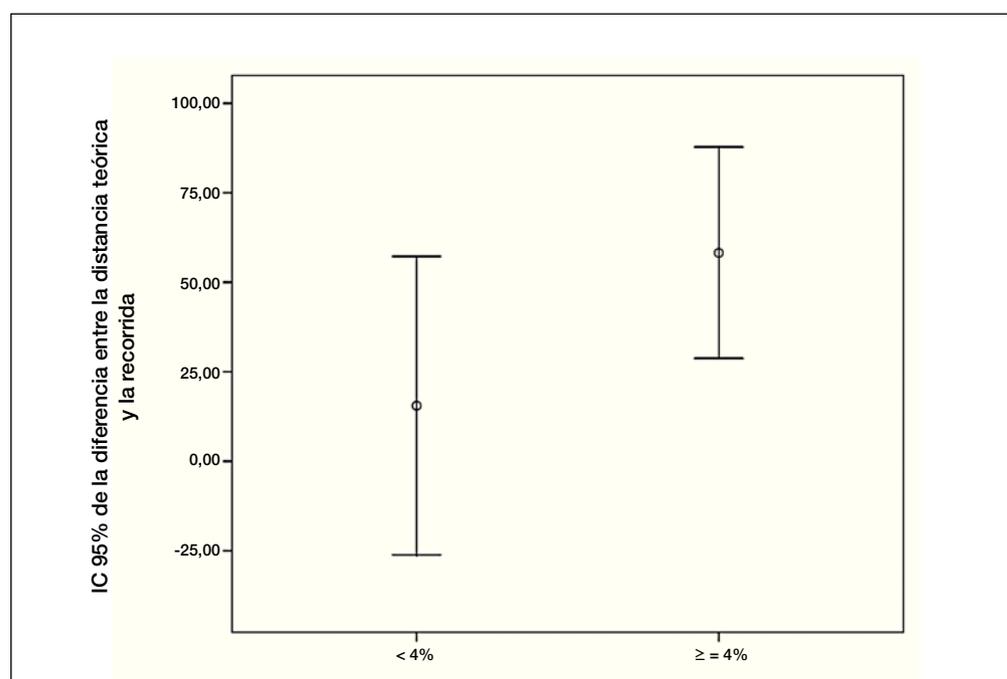
ción al flujo aéreo, puede depender de la remodelación de los vasos pulmonares descritos en el fumador sin obstrucción al flujo aéreo no detectable por las pruebas de función respiratoria como inicio de los fenómenos de remodelación descritos en la EPOC²⁴. Además, en ellos también están presentes los desencadenantes de la enfermedad inflamatoria expresados por la elevación de la proteína C reactiva²⁵ y los leucocitos²⁶.

Ante nuestro primer objetivo podemos concluir que el comportamiento de la SpO₂ tras la prueba de la marcha es el parámetro que se muestra más determinante en diferenciar los pacientes con EPOC y BC en comparación con las determinaciones de rendimiento, masa, trabajo y fuerza muscular.

La relación de la desaturación ≥ 4% con los parámetros de rendimiento conceptuados está en función de la distancia recorrida con respecto a la distancia teórica en la P6m que ha sido estimada en una pérdida media de 58 m. Esta cifra coincide con la encontrada por Redelmeier et al²⁷, quienes afirman que los pacientes con EPOC notan un cambio en la percepción de su capacidad funcional cuando la merma en la distancia recorrida es de 54 metros con respecto a la teórica.

Figura 1 Diagrama de barras de error de la diferencia entre la distancia teórica y la recorrida en función de la diferencia de desaturación del 4%.

IC: intervalo de confianza.



Podemos intuir que esa percepción viene condicionada por la caída en la SpO₂.

Si en lugar de estudiar desaturación $\geq 4\%$ consideramos el comportamiento de la SpO₂ media tras la P6m destacamos que con saturaciones medias entre el 89 y 90% la distancia recorrida en la P6m se reduce en una cuantía considerable que puede llegar hasta 89 m de media. Dado que el trabajo es igual para ambos grupos se puede deducir que la SpO₂ media tras la P6m del 89% se asocia a una pérdida del rendimiento muscular, ya que se recorre menos distancia con similar trabajo realizado. La cifra de la SpO₂ media tras la P6m $< 88\%$ considerada como límite aceptable de normalidad²⁰ convendría que fuese revisada a la luz de lo expuesto.

La relación entre la pérdida de fuerza muscular del FCC requiere un punto más en la desaturación que la medida de la distancia recorrida para tener la significación estadística, ya que la SpO₂ media debe ser $\leq 88\%$ ($p < 0,05$).

La caída en la FCC se atribuye a que o bien la obstrucción en la vía aérea incrementa el trabajo de los músculos respiratorios o provoca un incremento del requerimiento de oxígeno por parte de los músculos respiratorios que entran en competencia con los músculos de las extremidades y los sitúan en una relativa isquemia durante el ejercicio¹. Se origina un típico modelo de isquemia reperfusion y, como consecuencia, el inicio de la cascada del estrés oxidativo⁹.

La afectación preferente de los músculos de las extremidades inferiores explica por qué los pacientes con EPOC muestran una conducta distinta en cuanto a desaturación, si son sometidos a la P6m o si son analizados mediante cicloergometría. En el paciente con EPOC se detectan caídas en la SpO₂ en la P6m que no suceden en la prueba cicloergométrica, como consecuencia de que la MM implicada en la marcha es mayor que la utilizada en el cicloergómetro. Del consumo de esta MM se detrae el oxígeno necesario para el coste energético de los músculos respiratorios⁹.

Es evidente, pues, que la relación de la desaturación con los parámetros que estudian el componente muscular tras la prueba de la marcha se relaciona más con la calidad (rendimiento y fuerza) que con la MM. Ni la medida de la MM y mucho menos el IMC son mínimamente adecuados para el estudio de la situación muscular en estas poblaciones en las que se ven antes afectados los parámetros de calidad que de cantidad. El análisis del comportamiento de la SpO₂ tras la p6m orienta en mejor medida sobre la situación del aparato muscular.

La menor MM del sexo femenino, junto con una mayor MG o la interacción entre ambas²⁸ podrían ser los que provocan una falta de relación entre MM y FCC y la distancia recorrida en la P6m en dicho sexo²⁹, razón por la que lo excluimos de nuestra observación.

Concluimos que el nivel de desaturación es independiente de los valores de MM (IMM, IMLG). La repuesta de la SpO₂ tras la P6m se afecta en mayor medida en los pacientes con obstrucción de la vía aérea, y no guardan relación con las determinaciones de MM. La desaturación $\geq 4\%$ y la caída SpO₂ por debajo del 89% tras la P6m se relacionan con una disminución de la distancia recorrida para un mismo trabajo, lo que traduce un déficit del rendimiento muscular, siendo el parámetro más sensible a la desaturación el de la distancia recorrida. El análisis del comportamiento de la saturación de O₂ (SO₂) está más relacionado con la calidad y rendimiento de la musculatura esquelética que con la MM total.

Bibliografía

- Aliverti A, Macklem PT. How and why exercise is impaired in COPD. *Respiration*. 2001;68:229-39.
- Gosker HR, Engelen MPKJ, van Mameren H, van Dijk PJ, van der Vusse GJ, Wouters EFM, et al. Muscle fiber type IIX atrophy is involved in the loss of fat-free mass in chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Clin Nutr*. 2002;76:113-9.
- Bernard S, Le Blanc P, Whittom F, Carrier G, Jobin J, Belleau R, et al. Peripheral and muscle weakness in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Respir Crit Care Med*. 1998;159:629-34.
- Lukasky HC, Johnson PE, Bolonchuck W, Lykken GI. Assessment of fat-free mass using bioelectrical impedance measurements of the human body. *Am J Clin Nutr*. 1985;41:810-7.
- Janssen I. Influence of sarcopenia on the development of physical disability: The cardiovascular health study. *J Am Geriatr Soc*. 2006;54:56-62.
- Bolton CE, Ionescu AA, Shiels KM, Pettit RJ, Edwards PH, Stone MD, et al. Associated loss of fat free mass and bone mineral density in chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Respir Crit Care Med*. 2004;170:1286-93.
- Coronell C, Orozco-Levi M, Méndez R, Ramírez-Sarmiento A, Gadiz JB, Gea J. Relevance of assessing quadriceps endurance in patients with COPD. *Eur Respir Journal*. 2004;24:129-36.
- Miyamoto S, Nagaya N, Satoh T, Kyotani S, Sakamki F, Fujita M, et al. Clinical correlate and prognostic significance of six minute walk test in patients with primary pulmonary hypertension. *Am J Respir Crit Care Med*. 2000;161:487-92.
- Poulain M, Durand F, Palomba B, Ceugniet F, Desalan J, Varray C. 6-minute walking testing is more sensitive than maximal increase cycle testing for detecting oxygen desaturation patients with COPD. *Chest*. 2003;123:1401-7.
- Casanova C, López MV, Marin JM, De Torres JP, Casas A, Montes de Oca M, et al. Prueba de marcha de seis minutos: estudio multicéntrico de la población sana entre 40-80 años en España y Sudamérica. *Arch Bronconeumol*. 2007;43 (especial congreso):177.
- Morante F, Güell R, Mayos M. Eficacia de la prueba de los seis minutos de marcha en la valoración de la oxigenoterapia de deambulación. *Arch Bronconeumol*. 2005;41:596-600.
- Cavagna GA, Margaria R. External work in walking. *J Appl Physiol*. 1963;18:1-9.
- Hejjidra YF, Pinto-Plata V, Frants R, Rassulo J, Kenney L, Celli C. Muscle strength and exercise kinetics in COPD patients with a normal fat free mass index are comparable to control subjects. *Chest*. 2003;124:75-82.
- Chuang ML, Lin IF, Wasserman K. The body weight-walking distance product as related to lung function, anaerobic threshold and peak VO₂ in COPD patients. *Respir Med*. 2001;95:618-26.
- Carter R, Holiday DB, Stoks J, Grothues C, Tjep B. Predicting oxygen uptake for men and women with moderate to severe chronic obstructive pulmonary disease. *Arch Phys Med Rehabil*. 2003;84:1158.
- Global initiative for chronic obstructive pulmonary disease. Estrategia global para el diagnóstico y tratamiento y prevención de la enfermedad pulmonar obstructiva crónica. Reunión de Trabajo NHLBI/WHO. Disponible en: www.goldcopd.com
- Sanchis J, Casan P, Castillo J, Palenciano L, Roca J. Normativa para la espirometría forzada. *Arch Bronconeumol*. 1989;25:132-42.
- Steiner MC, Barton RL, Singh SJ, Morgan MDL. Bedsides methods versus dual energy X-ray absorptiometry for body composition measurement in COPD. *Eur Respir J*. 2002;19:620-31.
- Kyle UG, Genton L, Lukaski HC, Dupertuis YM, Slosman DO, Hans D, et al. Comparison of fat-free mass and body fat in Swiss and American adults. *Nutrition*. 2005;21:161-9.

20. American Thoracic Society. ATS Statement: guidelines for the six-minute walk test. *Am J Respir Crit Care Med.* 2002;166:111-7.
21. Prefaut C, Durand F, Mucci P, Caillaud C. Exercise induced arterial hypoxemia in athletes: a review. *Sports Med.* 2000;30:47-61.
22. Enright PL, Sherry DL. Reference equations for the six minutes walk in healthy adults. *Am J Respir Crit Care Med.* 1998;158:1384-7.
24. Peinado VI, Barbera JA, Ramírez J, Gómez FP, Roca J, Jover L, et al. Endothelial dysfunction in pulmonary arteries of patients with mild COPD. *Am J Physiol Lung Cell Mol Physiol.* 1998;18:908-13.
25. Carrillo B, Gómez de Terreros J, Maldonado J, García Salmones M, Medina J. La proteína C reactiva, heraldo de la EPOC en el tabaquismo. *Arch Bronconeumol.* 2007;43(especial congreso): 54.
26. Gómez de Terreros FJ, García Salmones M, Gutiérrez Ortega C, Medina Font J, Villa Corbatín C, Montenegro P. Estudio del número de leucocitos en una población con EPOC. Valor del índice de neutrófilos/linfocitos. Relación con la proteína C reactiva. *Med Militar.* 2009;65:216-20.
27. Redelmeier DA, Batumi AM, Goldstein S, Guyatt GH. Interpreting small differences in functional status: the six minute walk test in chronic lung disease patients. *Am J Respir Crit Care Med.* 1997;155:1278-82.
28. Sternfeld B, Ngo L, Satariano WA, Tager IB. Associations of body composition with physical performance and self-reported functional limitation in elderly men and women. *Am J Epidemiol.* 2002;156:110-21.
29. Caro de Miguel MC, Gómez de Terreros Caro, Gutiérrez Ortega C, Callol Sánchez L, Gómez de Terreros Sánchez FJ, Montenegro Álvarez de Tejera P. Entre la masa libre de grasa, la masa muscular, la fuerza de contracción voluntaria del cuádriceps y el test de la marcha de los seis minutos en pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica. *Rev Patolog Resp.* 2009;12:159-64.