

Original

## Asociación de la masa muscular determinada mediante DEXA con los resultados espirométricos de individuos sanos



Rafael Martín Holguera<sup>a,\*</sup>, Ana Isabel Turrión Nieves<sup>a,b</sup>, Rosa Rodríguez Torres<sup>a</sup> y María Concepción Alonso<sup>c</sup>

<sup>a</sup> Departamento de Cirugía y Ciencias Médico Sociales, Unidad docente de Anatomía y Embriología humanas, Facultad de Medicina, Universidad de Alcalá de Henares, Alcalá de Henares, Madrid, España

<sup>b</sup> Departamento de Medicina Interna, Servicio de ESI-Reumatología, Hospital Universitario Príncipe de Asturias, Alcalá de Henares, Madrid, España

<sup>c</sup> Departamento de Física y Matemáticas, Unidad docente de Matemáticas, Edificio Politécnico, Universidad de Alcalá de Henares, Alcalá de Henares, Madrid, España

### INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

#### Historia del artículo:

Recibido el 5 de agosto de 2016

Aceptado el 29 de noviembre de 2016

On-line el 17 de enero de 2017

#### Palabras clave:

Tejido blando no graso

Tejido magro

Absorciometría dual fotónica de rayos X

Espirometría

### R E S U M E N

**Introducción:** La cantidad de masa muscular podría ser un factor determinante que explicara la variabilidad de los resultados de la espirometría en individuos del mismo sexo y edad y de características antropométricas similares. El objetivo de este estudio es determinar si existe asociación entre los resultados espirométricos de individuos sanos y su masa muscular estimada mediante absorciometría de rayos X (DEXA).

**Métodos:** Se estudió una muestra de 161 mujeres y 143 varones sanos, no fumadores, de 18 a 77 años. En cada sujeto se registraron los resultados de una espirometría y los valores de la masa magra total y regional obtenidos mediante DEXA. Se realizó un análisis descriptivo de las variables y un análisis de regresión para estudiar las relaciones entre variables espirométricas y masa magra, corrigiendo los efectos que pudieran ejercer la edad y el índice de masa corporal (IMC).

**Resultados:** En ambos sexos todas las variables de masa magra se correlacionan de forma positiva y significativa con las variables espirométricas, siendo estas relaciones mayores en los varones. Al ajustar estas correlaciones de forma parcial por la edad y el IMC, lo que mejor explica las variables espirométricas es la masa magra en las extremidades inferiores en varones, y la masa magra del tronco en mujeres.

**Conclusiones:** En los varones, la masa muscular en las extremidades inferiores es la que más se asocia a los resultados espirométricos. En las mujeres es la masa muscular del tronco. En ambos sexos la masa muscular influye principalmente sobre el volumen espiratorio forzado en el primer segundo (FEV<sub>1</sub>).

© 2016 SEPAR. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Todos los derechos reservados.

### Relationship of Muscle Mass Determined by DEXA with Spirometric Results in Healthy Individuals

#### A B S T R A C T

**Introduction:** Muscle mass maybe a determining factor in the variability of spirometry results in individuals of the same sex and age who have similar anthropometric characteristics. The aim of this study was to determine the association between spirometric results from healthy individuals and their muscle mass assessed by dual energy X-ray absorptiometry (DEXA).

**Methods:** A sample of 161 women and 144 men, all healthy non-smokers, was studied. Ages ranged from 18 to 77 years. For each subject, spirometry results and total and regional lean mass values obtained by full body DEXA were recorded. A descriptive analysis of the variables and a regression analysis were performed to study the relationship between spirometric variables and lean body mass, correcting for age and body mass index (BMI).

#### Keywords:

Fat-free soft tissue mass

Lean body mass

Dual energy X-ray absorptiometry

Spirometry

\* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: [rafael.martin@uah.es](mailto:rafael.martin@uah.es) (R. Martín Holguera).

**Results:** In both sexes all muscle mass variables correlated positively and significantly with spirometric variables, and to a greater extent in men. After partial adjustment of correlations by age and BMI, the factor which best explains the spirometric variables is the total lean body mass in men, and trunk lean body mass in women.

**Conclusions:** In men, muscle mass in the lower extremities is most closely associated with spirometric results. In women, it is the muscle mass of the trunk. In both sexes muscle mass mainly affects FEV<sub>1</sub>.

© 2016 SEPAR. Published by Elsevier España, S.L.U. All rights reserved.

## Introducción

La espirometría forzada es la prueba básica para evaluar la función pulmonar de los individuos. Los principales determinantes de los resultados espirométricos son sexo, edad, altura y peso, y con ellos se elaboran las ecuaciones de predicción de los valores de referencia de la normalidad. Varios autores<sup>1,2</sup> consideran que deben existir además otros factores que determinen los resultados de la espirometría, lo que explicaría la variabilidad en los valores obtenidos en la prueba por individuos sanos de características similares. El presente estudio parte de la hipótesis de que uno de esos factores puede ser la cantidad de músculo corporal. Aunque trabajos previos<sup>3-6</sup> valoran ya esta posibilidad, consideramos que aún no está establecida claramente la influencia de la masa muscular del individuo sobre sus resultados espirométricos.

La técnica elegida para evaluar la masa muscular es la absorciometría dual fotónica de rayos X (DEXA). Se trata de una técnica de imagen que permite cuantificar la masa magra (masa libre de grasa) no solo total, sino también en diferentes regiones del cuerpo. Dicha masa magra es una estimación de la masa muscular corporal. Se trata de una prueba que ofrece mediciones de confianza y comparables en el tiempo. Además, es una técnica de amplia utilización en el ámbito de las enfermedades respiratorias<sup>7-9</sup>, fundamentalmente en la valoración muscular de los enfermos de enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC), en los que la disfunción muscular, tanto de los músculos ventilatorios como de los de las extremidades inferiores, es frecuente<sup>10,11</sup>. El entrenamiento muscular mejora la tolerancia al ejercicio, la fuerza muscular, la disnea, la fatiga y la calidad de vida en estos pacientes. También en los asmáticos se ha estudiado la importancia de la masa muscular en sus síntomas y pronóstico<sup>12,13</sup>.

Cada vez más estudios utilizan DEXA para la evaluación de los resultados del entrenamiento muscular dentro de los programas de rehabilitación respiratoria en pacientes de EPOC y para determinar su pronóstico<sup>14-17</sup>. Por ello, nos parece necesario establecer cuál es la asociación, en individuos sanos, entre valores espirométricos y parámetros de masa magra determinados por DEXA.

El objetivo del presente estudio es cuantificar la asociación entre variables espirométricas y de masa muscular estimadas con DEXA, con el fin de establecer si la cantidad de músculo corporal es un determinante importante en los resultados espirométricos de individuos sanos, y ayudar a establecer la normalidad de esta asociación.

## Métodos

### Sujetos del estudio

La muestra estudiada se compone de 305 sujetos sanos de origen caucásico (144 varones y 161 mujeres), con edades comprendidas entre 18 y 77 años. Participaron en el estudio de forma voluntaria y todos procedían de un medio urbano del entorno geográfico de la Universidad de Alcalá de Henares. Presentaban homogeneidad en

cuanto a hábitos de vida higiénico-dietéticos y a la realización de ejercicio físico de forma esporádica a lo largo de su vida.

Los criterios de inclusión en el estudio fueron:

- No fumador actual ni pasado.
- Ausencia de enfermedades metabólicas o tratamientos farmacológicos que pudieran alterar el metabolismo.
- Ausencia de enfermedades musculares o neuromusculares.
- Ausencia de deformidad torácica, la cual viene determinada como un índice torácico dentro de la media para su edad más menos dos desviaciones estándar.
- No alteraciones evidentes de la curvatura fisiológica de la columna vertebral.
- Ausencia de neoplasias, enfermedades cardiovasculares, broncopulmonares crónicas o episodios de neumotórax espontáneo.

Todos los individuos de la muestra presentaron resultados espirométricos dentro de los límites de la normalidad (capacidad vital forzada [FVC] y volumen espiratorio forzado en el primer segundo [FEV<sub>1</sub>] superiores al 80% del valor de referencia, y FEV<sub>1</sub>/FVC superior al 70% e inferior al 80%), y accedieron voluntariamente a la realización de las pruebas necesarias para el estudio, previo consentimiento informado.

### Métodos

#### Valoración de la masa muscular

Para cuantificar la masa magra a cada individuo se le realizó una absorciometría dual fotónica de rayos X (DEXA) de cuerpo completo, mediante la que se obtienen valores totales y regionales de masa magra (masa de tejido blando libre de grasa), que es una estimación de la masa muscular.

En esta técnica se utiliza un generador de rayos X de gran estabilidad para producir un espectro de niveles de energía de banda ancha. El aparato consta de unos detectores de centelleo de cristal de INa que se posicionan en tándem. La fuente de radiación y los detectores están enfrentados y conectados mecánicamente, moviéndose de forma simultánea. El haz de rayos pasa en una dirección posteroanterior a través de los tejidos del individuo, el cual permanece inmóvil en decúbito supino. La absorción de energía depende de la densidad del tejido atravesado, siendo nula en el aire, pequeña en la grasa, mayor en las partes blandas y muy importante en el tejido óseo. Al detector llegan los fotones que no han sido absorbidos, de forma que la densidad de la zona explorada es proporcional a la atenuación de la radiación ocasionada por el tejido.

Se trata de una técnica segura, ya que la dosis de radiación utilizada es mínima y ha demostrado muy poca variación dentro y entre observadores, lo que la convierte en una técnica muy útil en investigación.

En el estudio se cuantificó, en gramos, la cantidad de:

- Masa magra total (TNGT).
- Masa magra del tronco (TNGTR).
- Masa magra de las extremidades inferiores (TNGP).

**Tabla 1**  
Estadísticos descriptivos de los individuos de la muestra

	Mujeres	Varones	P
	Media, desviación típica y rango	Media, desviación típica y rango	
Edad (años)	46,4 ± 16,8 (18-75)	43,3 ± 16,7 (18-77)	
Estatura (cm)	159,9 ± 7 (143-185)	173,2 ± 7,5 (154-190)	**
Peso (kg)	63,8 ± 10,1 (44-97)	80,9 ± 12,4 (60-119)	**
IMC	25 ± 4,3 (16,6-41,9)	26,9 ± 3,8 (19,7-40,8)	
FVC (ml)	3.334,2 ± 691,5 (1.370-4.720)	4.711,5 ± 848,3 (2.610-7.000)	**
FEV <sub>1</sub> (ml)	2.830,3 ± 614,7 (1.150-4.060)	3.855,9 ± 785,3 (1.890-5.920)	**
PEF	6.212,1 ± 1.407,9 (2.380-10.390)	9.066,1 ± 1.959,7 (3.170-13.270)	**
FEF <sub>25-75%</sub>	3.226,8 ± 943,6 (1.040-6.530)	3.985,7 ± 1.315,6 (1.340-8.660)	**
FEV <sub>1</sub> /FVC	84 ± 5,8 (70-99)	82 ± 5,8 (71-95)	
TNGT (kg)	34,9 ± 44,9 (23,1-49,8)	55,2 ± 75,1 (40,6-77,2)	**
TNGTR (kg)	15,5 ± 22,1 (10,5-23,2)	25,2 ± 38,8 (12,2-38,1)	**
TNGP (kg)	12,7 ± 19,8 (7,7-18,8)	19,3 ± 30 (13,9-27,3)	**

FEF<sub>25-75%</sub>: flujo mesoespiratorio; FEV<sub>1</sub>: volumen espiratorio forzado en el primer segundo; FVC: capacidad vital forzada; IMC: índice de masa corporal; PEF: pico flujo espiratorio; TNGP: tejido magro de las extremidades inferiores; TNGT: tejido magro total; TNGTR: tejido magro del tronco.

\*\* p < 0,01 es estadísticamente significativo.

El examen se realizó con un densitómetro Norland XR-800 TM software Illuminatus versión 4.5.0 (Norland, a CooperSurgical Company, Fort Atkinson, WI, EE. UU.). Todas las densitometrías fueron realizadas siguiendo los protocolos estandarizados facilitados por el fabricante y descritos en Aguado et al.<sup>18</sup>

Todas las exploraciones se llevaron a cabo con el mismo aparato, en el mismo laboratorio y por el mismo técnico.

#### Valoración de la función pulmonar

Cada sujeto se sometió a una espirometría forzada con un espirometro de turbina K4b<sup>2</sup> marca COSMED previa calibración de la turbina de medición de flujos utilizando una jeringa de calibración certificada por la *American Thoracic Society* (ATS). En cada espirometría se siguió el protocolo recomendado por la Sociedad Española de Neumología y Cirugía Torácica (SEPAR)<sup>19</sup>. Se midieron los valores absolutos en mililitros (ml) de la FVC y el FEV<sub>1</sub>, así como el pico flujo espiratorio (PEF) y el flujo espiratorio forzado entre el 25% y el 75% de la capacidad vital forzada (FEF<sub>25-75%</sub>) en litros por segundo.

Las pruebas fueron realizadas por el mismo técnico, en el mismo laboratorio, con similares condiciones medioambientales y en el mismo aparato.

#### Análisis

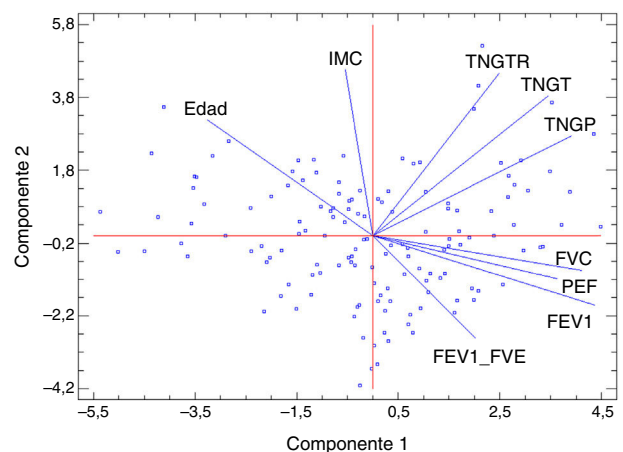
El análisis estadístico se realizó con los programas informáticos SPSS 22.0 y Statgraphics Centurion 17 para Windows.

Para varones y mujeres se obtienen la media aritmética, la desviación típica y los valores mínimo y máximo. Se valoran las diferencias en las medias de ambos sexos mediante el t-test para muestras independientes.

Para explorar las asociaciones lineales entre las variables espirométricas y las de la masa magra se aplicó una reducción de la dimensión con un análisis de componentes principales sobre la matriz de correlaciones, obteniendo un gráfico bidimensional que revela las relaciones entre las variables, de tal modo que cuanto más agudo es el ángulo que forman, mayor es la relación lineal que poseen.

Las relaciones entre las diferentes variables espirométricas y las de masa magra se analizan con las correlaciones, y para eliminar el posible efecto de los factores de confusión (edad, altura y peso) se realizaron correlaciones parciales ajustando por edad e índice de masa corporal (IMC).

Para determinar si las variables de masa magra pueden ser consideradas como factores predictivos de las variables espirométricas se aplicó un análisis de regresión lineal múltiple.



**Figura 1.** Análisis de componentes principales en varones con un 76,07% de explicación global (47,1% que explica la primera componente y 28,97% la segunda). FEV<sub>1</sub>: volumen espiratorio forzado en el primer segundo; FVC: capacidad vital forzada; IMC: índice de masa corporal; PEF: pico flujo espiratorio; TNGP: tejido magro de las extremidades inferiores; TNGT: tejido magro total; TNGTR: tejido magro del tronco.

#### Resultados

Los estadísticos descriptivos de las variables de masa muscular y función pulmonar en varones y mujeres se muestran en la [tabla 1](#).

Todas las variables analizadas mostraron diferencias significativas en los valores medios de ambos sexos, excepto edad e IMC. Las medias fueron mayores en los varones, como se muestra en la [tabla 1](#), con los valores de p estadísticamente significativos.

En el análisis de componentes principales se encontraron en ambos sexos correlaciones positivas entre todas las variables espirométricas y todas las de la masa magra, siendo TNGP el que mayor correlación presentaba ([figs. 1 y 2](#)).

Las correlaciones parciales entre las variables de masa magra y las espirométricas, ajustando por edad e IMC, son positivas y estadísticamente muy significativas tanto en mujeres como en varones, mostrando coeficientes más altos en estos últimos ([tablas 2 y 3](#)).

Las variables que muestran mayores coeficientes de correlación con FVC y con FEV<sub>1</sub> son TNGP en varones y TNGTR en mujeres.

En el análisis de regresión lineal múltiple se obtienen las ecuaciones para predecir las variables espirométricas en función de la edad, el IMC y las variables de masa magra, junto con los coeficientes de determinación ajustados (R<sup>2</sup>) ([tabla 4](#)).

Los R<sup>2</sup> entre las variables de masa magra y las variables espirométricas son mayores en varones. La variable espirométrica que

**Tabla 2**  
Coeficientes de correlación parcial entre las variables de masa muscular y las variables espirométricas ajustando para la edad y el IMC en el grupo de varones

	FVC	FEV <sub>1</sub>	PEF	FEF <sub>25-75%</sub>	FEV1/FVC
TNGT	0,603**	0,583**	0,371**	0,310**	-0,098
TNGTR	0,529*	0,477**	0,336**	0,219**	-0,166
TNGP	0,607**	0,599**	0,351**	0,354**	-0,052

FEF<sub>25-75%</sub>: flujo mesoespiratorio; FEV<sub>1</sub>: volumen espiratorio forzado en el primer segundo; FVC: capacidad vital forzada; PEF: pico flujo espiratorio; TNGP: tejido magro de las extremidades inferiores; TNGT: tejido magro total; TNGTR: tejido magro del tronco.

\*\* p < 0,01 es estadísticamente muy significativo.

**Tabla 3**  
Coeficientes de correlación parcial entre las variables de masa muscular y las variables espirométricas ajustando para la edad y el IMC en el grupo de mujeres

	FVC	FEV <sub>1</sub>	PEF	FEF <sub>25-75%</sub>	FEV1/FVC
TNGT	0,367**	0,341**	0,206**	0,165*	-0,103
TNGTR	0,394**	0,373**	0,272**	0,183*	-0,095
TNGP	0,359**	0,337**	0,178**	0,167*	-0,094

FEF<sub>25-75%</sub>: flujo mesoespiratorio; FEV<sub>1</sub>: volumen espiratorio forzado en el primer segundo; FVC: capacidad vital forzada; PEF: pico flujo espiratorio; TNGP: tejido magro de las extremidades inferiores; TNGT: tejido magro total; TNGTR: tejido magro del tronco.

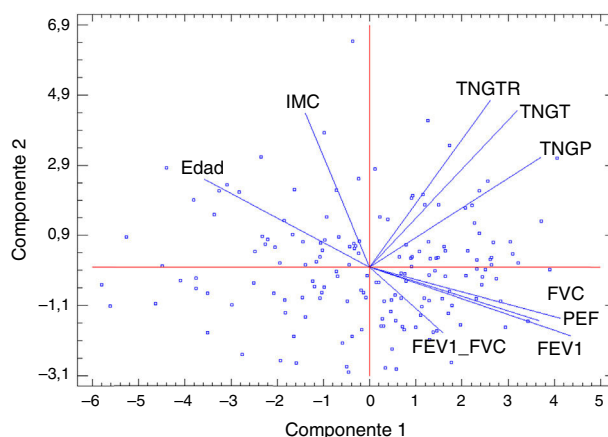
\* p < 0,05 es estadísticamente significativo.

\*\* p < 0,01 es estadísticamente muy significativo.

**Tabla 4**  
Ecuaciones de regresión y valores de R<sup>2</sup> ajustado obtenidos en el análisis de regresión lineal múltiple en varones y mujeres

Ecuación	Sexo	R <sup>2</sup> ajustado
FVC = 4159,67 - 16,4626*Edad - 66,2774*IMC + 0,157654*TNGP	V	61,66
FVC = 3496,64 - 15,6366*Edad - 37,1272*IMC + 0,113454*TNGP	M	47,80
FEV <sub>1</sub> = 3849,83 - 23,123*Edad - 50,7761*IMC + 0,122798*TNGP	V	71,71
FEV <sub>1</sub> = 3236,55 - 19,001*Edad - 26,2374*IMC + 0,0844262*TNGP	M	57,96
PEF = 7801,62 - 40,8775*Edad - 55,4911*IMC + 0,234124*TNGP	V	34,29
PEF = 6616,24 - 34,1297*Edad - 22,0113*IMC + 0,127834*TNGP	M	27,87
FVC = 4939,19 - 28,6842*Edad - 55,5342*IMC + 0,0996814*TNGTR	V	56,24
FVC = 3672,79 - 20,372*Edad - 41,0691*IMC + 0,101592*TNGTR	M	49,39
FEV <sub>1</sub> = 4543,92 - 32,8348*Edad - 39,124*IMC + 0,0710143*TNGTR	V	65,9
FEV <sub>1</sub> = 3362,43 - 22,5101*Edad - 29,2664*IMC + 0,0760471*TNGTR	M	59,16
PEF = 8767,04 - 58,602*Edad - 46,8003*IMC + 0,162691*TNGTR	V	33,5
PEF = 6296,34 - 37,9955*Edad - 36,0042*IMC + 0,159189*TNGTR	M	31,02
FVC = 4211,3 - 20,8774*Edad - 74,7347*IMC + 0,061934*TNGT	V	61,37
FVC = 3470,12 - 17,8657*Edad - 42,4918*IMC + 0,0487907*TNGT	M	48,16
FEV <sub>1</sub> = 3921,89 - 26,729*Edad - 56,2906*IMC + 0,047272*TNGT	V	70,8
FEV <sub>1</sub> = 3230,27 - 20,7168*Edad - 30,0039*IMC + 0,0358316*TNGT	M	58,07
PEF = 7686,54 - 46,4255*Edad - 74,5144*IMC + 0,0978115*TNGT	V	33,36
PEF = 6383,31 - 35,7814*Edad - 31,457*IMC + 0,0621525*TNGT	M	28,67

FEV<sub>1</sub>: volumen espiratorio forzado en el primer segundo; FVC: capacidad vital forzada; IMC: índice de masa corporal; PEF: pico flujo espiratorio; TNGP: tejido magro de las extremidades inferiores; TNGT: tejido magro total; TNGTR: tejido magro del tronco.



**Figura 2.** Análisis de componentes principales en mujeres con un 73,03% de explicación global (46,97% que explica la primera componente y 26,05% la segunda). FEV<sub>1</sub>: volumen espiratorio forzado en el primer segundo; FVC: capacidad vital forzada; IMC: índice de masa corporal; PEF: pico flujo espiratorio; TNGP: tejido magro de las extremidades inferiores; TNGT: tejido magro total; TNGTR: tejido magro del tronco.

presenta valores más altos es FEV<sub>1</sub>, seguida de FVC y de PEF, tanto en varones como en mujeres. En los varones, el TNGP es el que muestra el R<sup>2</sup> más alto con las variables espirométricas, mientras que en las mujeres es el TNGTR.

Todos los coeficientes estimados de la regresión en la masa magra son positivos y estadísticamente significativos (p < 0,05), lo que implica que a mayor cantidad de masa magra, mayores son los valores absolutos obtenidos en la espirometría. Los coeficientes más elevados son para el TNGP en los varones y para el TNGTR en las mujeres.

### Discusión y conclusiones

El presente estudio tiene el objetivo de establecer la asociación entre resultados espirométricos y masa magra determinada mediante DEXA en individuos sanos. La variabilidad en los valores obtenidos en la espirometría por individuos sanos de características similares ha llevado a algunos autores<sup>1,2</sup> a considerar que deben existir otros factores que determinen sus resultados, además del sexo, la edad, la altura y el peso. Entre estos se habla de factores genéticos heredados y factores como la presencia en la dieta del individuo de ciertas vitaminas. El presente estudio parte de la hipótesis de que uno de esos factores puede ser la cantidad de músculo corporal. Otros estudios han tratado previamente de establecer la influencia del compartimento muscular del organismo en los resultados espirométricos de individuos sanos:

Cotes et al.<sup>3</sup> encuentran una asociación significativa entre un índice de masa magra (el de masa libre de grasa ajustada por la altura del individuo [FFMI]) obtenido mediante medidas antropométricas, y los principales parámetros espirométricos, y obtiene mediante modelos de regresión lineal ecuaciones de referencia en las que se incluye el FFMI, encontrando que estas ecuaciones son más precisas que aquellas en las que solo se incluye sexo, edad, talla y peso.

Mohamed et al.<sup>4</sup> miden también un parámetro de masa muscular, el de masa magra libre de hueso (BF-LBM), en este caso mediante DEXA, encontrado, al igual que el presente estudio, asociación positiva y significativa entre él y los principales parámetros espirométricos en un grupo de italianos sanos. El rango de edad es similar, pero el tamaño muestral es sensiblemente menor al del presente estudio (58 varones y 60 mujeres). Además, no se estudia la influencia de variables regionales de masa magra.



Más recientemente, Lim et al.<sup>5</sup>, en un estudio con ancianos coreanos sin patologías respiratorias crónicas, encuentran asociación significativa entre el músculo del tronco y de las extremidades inferiores medidos mediante DEXA con los principales parámetros espirométricos, tanto en mujeres como en varones. Sus resultados son similares a los del presente estudio, aunque se trata únicamente de individuos de edad avanzada y pertenecientes a una raza distinta a la caucásica.

Park et al.<sup>6</sup> realizan un estudio también con individuos coreanos, pero con una edad media de 46 años. Encuentran una correlación significativa entre la masa muscular corporal —medida en este caso con impedancia bioeléctrica— y los parámetros espirométricos, tanto en varones como en mujeres. Sin embargo, no encuentran un  $R^2$  suficientemente alto como para que la masa muscular sea determinante de la ventilación en los individuos de su muestra.

Los valores medios de todos los parámetros respiratorios son significativamente mayores en el grupo de varones que en el de mujeres. La mayor cantidad de masa magra total encontrada en los varones podría ser un factor que explicara la diferencia en los resultados espirométricos entre ambos sexos, teniendo en cuenta que las propiedades de la mecánica respiratoria son básicamente similares en los dos<sup>20</sup>. Las cantidades medias de masa magra en las diferentes regiones corporales estudiadas son también mayores en los varones. Estos resultados son concordantes con Aguado et al.<sup>21</sup>, que determinan la masa magra total y regional mediante DEXA en una muestra de individuos sanos de ambos sexos agrupados por edades, encontrando siempre mayores cantidades de masa magra corporal total y regional en los varones.

Uno de los resultados del estudio es la asociación significativa de la masa magra en las extremidades inferiores con los principales parámetros espirométricos. En varones, la masa magra de las extremidades inferiores incluso presenta mayor influencia en los resultados de la espirometría que la masa magra corporal total o la cantidad de masa magra en el tronco, donde se sitúan los principales músculos ventilatorios. En el ámbito clínico, Hillman et al.<sup>22</sup> consideran la fuerza muscular y la masa muscular de las extremidades inferiores como posible factor determinante de la eficacia de los programas de entrenamiento para la rehabilitación pulmonar. Además, se ha observado que aproximadamente un tercio de pacientes con EPOC presentan disfunción muscular en sus extremidades inferiores desde fases precoces de su enfermedad.

En el grupo de mujeres, si bien la masa magra en las extremidades inferiores muestra también asociación significativa con los parámetros espirométricos, no es la variable que mayor asociación presenta. Así, en ellas la cantidad de masa muscular en el tronco es la que más influye en los resultados de la espirometría. Esta diferencia entre ambos sexos no parece explicarse por diferencias en la distribución regional de la masa magra, ya que en los resultados del presente estudio no se observan diferencias significativas en dicha distribución. Así, en ambos sexos la cantidad de masa magra es mayor en el tronco que en las extremidades inferiores, y en una proporción similar. La explicación para esta diferencia podría ser el predominio del patrón torácico de ventilación en las mujeres.

La posible relación directa entre masa y fuerza muscular podría explicar la asociación encontrada entre los parámetros de masa magra y los valores espirométricos. A favor de esta hipótesis está el hecho de que también se encuentra una asociación significativa entre los valores de PEF, que es el parámetro espirométrico más dependiente del esfuerzo espiratorio, y los valores de masa magra, tanto en varones como en mujeres. En estas últimas, la mayor asociación del PEF es con la masa magra del tronco. Sin embargo, algunos autores<sup>23,24</sup> encuentran que la fuerza no depende exclusivamente de la masa muscular, y la relación entre ellas no es lineal. La prueba funcional más utilizada para la medición del esfuerzo muscular respiratorio es la determinación de la presión

inspiratoria máxima (PIM) y la presión espiratoria máxima (PEM). Un estudio posterior, en que se valorara la asociación entre la masa magra determinada mediante DEXA y los valores obtenidos de PIM y PEM, ayudaría a aclarar esta cuestión. En este sentido, Costes et al.<sup>25</sup> encuentran en un estudio con ancianos sanos de ambos sexos que la masa magra del tronco determinada mediante DEXA predice los valores de PIM, aunque únicamente en mujeres. También Hillman et al.<sup>22</sup> encuentra asociación entre la masa magra de las extremidades inferiores y la fuerza muscular determinada mediante dinamometría, en este caso en pacientes de EPOC.

Otro de los resultados del presente estudio es que todas las variables de masa magra influyen más significativamente sobre  $FEV_1$  que sobre el resto de parámetros espirométricos, tanto en varones como en mujeres. La mayor capacidad de los músculos espiratorios para generar fuerza podría hacer que el volumen de aire expulsado durante el primer segundo de la maniobra espirométrica forzada fuera mayor. Además, se observa una asociación positiva entre la cantidad de masa magra y el parámetro espirométrico  $FEF_{25-75\%}$ , el cual es un parámetro cuya alteración en la clínica sugiere obstrucción de la pequeña vía aérea, pudiendo indicar la presencia de enfermedad obstructiva en fases precoces. Esto podría sugerir que una menor masa muscular podría condicionar la aparición de patrones espirométricos obstructivos. En este sentido, el estudio de Minas et al.<sup>13</sup> compara la masa muscular medida por impedancia bioeléctrica en fumadores sin EPOC y en pacientes con EPOC, observándose como significativamente menor en estos últimos, incluso en aquellos en estadios leves de la enfermedad. En este mismo trabajo estudian un grupo de pacientes con asma, otra de las enfermedades obstructivas más prevalentes. Observan como pacientes de asma severa y refractaria al tratamiento presentan una masa muscular medida mediante impedancia bioeléctrica menor que la que presentan pacientes con formas más leves de asma, considerando que la masa muscular podría utilizarse como factor pronóstico en estos enfermos.

Se ha publicado además que hasta un tercio de los pacientes con EPOC presentan un deterioro de la función muscular en sus extremidades, incluso en fases precoces de la enfermedad<sup>26</sup>. Sin embargo, no se encuentra en el presente estudio una asociación significativa entre los parámetros de masa magra y el índice  $FEV_1/FVC$  en ninguno de los dos sexos. No se observa, por tanto, que una menor masa magra condicione un menor índice  $FEV_1/FVC$ , lo que estaría en contra de que una menor masa muscular pudiera estar relacionada con mayor susceptibilidad a desarrollar patrones espirométricos obstructivos.

Es conocido que los valores espirométricos en los individuos sanos aumentan hasta alcanzar su máximo en la tercera década de la vida, tanto en varones como en mujeres. Posteriormente se produce un descenso progresivo de dichos valores con la edad<sup>27</sup>. La evolución de la masa muscular es similar: tras alcanzar un máximo va también disminuyendo progresivamente con los años<sup>28,29</sup>. La asociación encontrada entre la masa magra y los parámetros de la espirometría podría sugerir que la pérdida de masa muscular fuera uno de los factores que explicarían el descenso progresivo en los valores espirométricos asociado a la edad, además del deterioro de las propiedades mecánicas de la caja torácica y la pérdida de elasticidad y distensibilidad de los alvéolos y la vía aérea.

En conclusión, la masa muscular influye significativamente en la función pulmonar de individuos sanos de ambos sexos, aunque la influencia es mayor en los varones.

La cantidad de masa magra en las extremidades inferiores es la que mayor asociación muestra con todos los parámetros espirométricos en varones, mientras que en mujeres es la masa magra del tronco.

En ambos sexos, la masa magra se asocia principalmente con el parámetro espirométrico FEV<sub>1</sub>, seguido del FVC y del PEF. Sin embargo, no se relaciona significativamente con el índice FEV<sub>1</sub>/FVC.

### Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

### Bibliografía

- Ostrowski S, Barud W. Factors influencing lung function: Are the predicted values for spirometry reliable enough? *J Physiol Pharmacol*. 2006;57 Suppl 4:263–71.
- Chinn S, Jarvis D, Svanes C, Burney P. Sources of variation in forced expiratory volume in one second and forced vital capacity. *Eur Respir J*. 2006;27:767–73.
- Cotes JE, Chinn DJ, Reed JW. Body mass, fat percentage, and fat free mass as reference variables for lung function: Effects on terms for age and sex. *Thorax*. 2001;56:839–44.
- Mohamed EI, Maiolo C, Iacopino L, Pepe M, di Daniele N, de Lorenzo A. The impact of body-weight components on forced spirometry in healthy Italians. *Lung*. 2002;180:149–59.
- Lim S, Kwon SY, Yoon JW, Kim SY, Choi SH, Park YJ, et al. Association between body composition and pulmonary function in elderly people: The Korean Longitudinal Study on Health and Aging. *Obesity (Silver Spring)*. 2011;19:631–8.
- Park JE, Chung JH, Lee KH, Shin KC. The effect of body composition on pulmonary function. *Tuberc Respir Dis (Seoul)*. 2012;72:433–40.
- Engelen MP, Schols AM, Heidendal GA, Wouters EF. Dual-energy X-ray absorptiometry in the clinical evaluation of body composition and bone mineral density in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Clin Nutr*. 1998;68:1298–303.
- Miller A, Strauss BJ, Mol S, Kyoong A, Holmes PH, Finlay P, et al. Dual-energy X-ray absorptiometry is the method of choice to assess body composition in COPD. *Respirology*. 2009;14:411–8.
- Steiner MC, Barton RL, Singh SJ, Morgan MD. Bedside methods versus dual energy X-ray absorptiometry for body composition measurement in COPD. *Eur Respir J*. 2002;19:626–31.
- Barreiro E, Bustamante V, Cejudo P, Galdiz JB, Gea J, de Lucas P, et al. Guidelines for the evaluation and treatment of muscle dysfunction in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Arch Bronconeumol*. 2015;51:384–95.
- Gea J, Pascual S, Casadevall C, Orozco-Levi M, Barreiro E. Muscle dysfunction in chronic obstructive pulmonary disease: Update on causes and biological findings. *J Thorac Dis*. 2015;7:E418–38.
- Sood A, Qualls C, Li R, Schuyler M, Beckett WS, Smith LJ, et al. Lean mass predicts asthma better than fat mass among females. *Eur Respir J*. 2011;37:65–71.
- Minas M, Papaioannou AI, Tsaroucha A, Daniil Z, Hatzoglou C, Sgantzios M, et al. Body composition in severe refractory asthma: Comparison with COPD patients and healthy smokers. *PLoS One*. 2010;5:e13233.
- Emtner M, Hallin R, Arnardottir RH, Janson C. Effect of physical training on fat-free mass in patients with chronic obstructive pulmonary disease (COPD). *Ups J Med Sci*. 2015;120:52–8.
- Shoup R, Dalsky G, Warner S, Davies M, Connors M, Khan M, et al. Body composition and health-related quality of life in patients with obstructive airways disease. *Eur Respir J*. 1997;10:1576–80.
- Ischaki E, Papatheodorou G, Gaki E, Papa I, Koulouris N, Loukides S. Body mass and fat-free mass indices in COPD: Relation with variables expressing disease severity. *Chest*. 2007;132:164–9.
- Vestbo J, Prescott E, Almdal T, Dahl M, Nordestgaard BG, Andersen T, et al. Body mass, fat-free body mass, and prognosis in patients with chronic obstructive pulmonary disease from a random population sample: Findings from the Copenhagen City Heart Study. *Am J Respir Crit Care Med*. 2006;173:79–83.
- Aguado Henche SA, Torres RR, Pellico LG. An evaluation of patterns of change in total and regional body fat mass in healthy Spanish subjects using dual-energy X-ray absorptiometry (DXA). *Eur J Clin Nutr*. 2008;62:1440–8.
- Sanchis J. CP. Recomendaciones SEPAR en espirometría forzada; Barcelona: Respira; 1998.
- Gibson GJ, Pride NB, O'cain C, Quagliato R. Sex and age differences in pulmonary mechanics in normal nonsmoking subjects. *J Appl Physiol*. 1976;41:20–5.
- Aguado Henche SS, Rodríguez Torres R, Gómez Pellico L. An evaluation of lean body mass in the Spanish Population using X-ray absorptiometry (DXA). *Int J Body Compos Res*. 2006;2:67–74.
- Hillman CM, Heinecke EL, Hii JW, Cecins NM, Jenkins SC, Eastwood PR. Relationship between body composition, peripheral muscle strength and functional exercise capacity in patients with severe chronic obstructive pulmonary disease. *Intern Med J*. 2012;42:578–81.
- Goodpaster BH, Park SW, Harris TB, Kritchevsky SB, Nevitt M, Schwartz AV, et al. The loss of skeletal muscle strength, mass, and quality in older adults: The health, aging and body composition study. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 2006;61:1059–64.
- Thomas DR. Loss of skeletal muscle mass in aging: Examining the relationship of starvation, sarcopenia and cachexia. *Clin Nutr*. 2007;26:389–99.
- Costes F, Celle S, Garet M, Kossovsky M, Roche F, Barthelemy JC. Identification and comparison of the predictors of maximal inspiratory force and handgrip in a healthy elderly population. The proof study. *Clin Nutr*. 2016;35:963–7.
- Seymour JM, Spruit MA, Hopkinson NS, Natanek SA, Man WD, Jackson A, et al. The prevalence of quadriceps weakness in COPD and the relationship with disease severity. *Eur Respir J*. 2010;36:81–8.
- Rossi A, Ganassini A, Tantucci C, Grassi V. Aging and the respiratory system. *Aging (Milano)*. 1996;8:143–61.
- Lauretani F, Russo CR, Bandinelli S, Bartali B, Cavazzini C, di Iorio A, et al. Age-associated changes in skeletal muscles and their effect on mobility: An operational diagnosis of sarcopenia. *J Appl Physiol (1985)*. 2003;95:1851–60.
- Aguado Henche SS, Rodríguez Torres R, Gómez Pellico L. Age adjustment of body composition. *Res Adv Clinical Nutrition*. 2009;1:1–18.