

# Uso del Índice de Masa Corporal y Porcentaje de Grasa Corporal en el Análisis de la Función Pulmonar

## Use of the Body Mass Index and Body Fat Percentage in the Analysis of Pulmonary Function

Sebastián Rodríguez Valdés<sup>1</sup>; Daniel Donoso Riveros<sup>1</sup>; Erick Sánchez Peña<sup>1</sup>;  
Rodrigo Muñoz Cofré<sup>2</sup>; Daniel Conei<sup>2,3</sup>; Mariano del Sol<sup>2</sup> & Máximo Escobar Cabello<sup>4</sup>

RODRÍGUEZ, V. S.; DONOSO, R. D.; SÁNCHEZ, P. E.; MUÑOZ, C. R.; CONEI, D.; DEL SOL, M. & ESCOBAR, C. M. Uso del índice de masa corporal y porcentaje de grasa corporal en el análisis de la función pulmonar. *Int. J. Morphol.*, 37(2):592-599, 2019.

**RESUMEN:** En la actualidad la obesidad es considerada como una pandemia, además de los cambios metabólicos ya sabidos, se producen alteraciones estructurales como las generadas en el sistema ventilatorio. Sin embargo, se ha observado que dependiendo de la forma de categorización de esta condición, puede o no existir alteración sobre este sistema generando así una complicación al momento de la elección de esta herramienta. Por lo tanto el objetivo de esta investigación fue comparar parámetros de la función pulmonar en individuos obesos (O) y normo-peso (Np) según índice de masa corporal (IMC) y porcentaje de grasa corporal (PGC). Se midió la función ventilatoria en 57 participantes, posteriormente estas variables se contrastaron entre los sujetos normo-peso (Np) y obesos (O) según IMC y PGC. Se observó un aumento significativo en el valor de la capacidad inspiratoria (CI) de O versus Np y del volumen de reserva espiratoria (VRE) y capacidad residual funcional (CRF) de Np en relación a O, tanto para la división por IMC como por PGC, en el grupo dividido por IMC las variables de resistencia específica de las vías aéreas (sRaw) y presión inspiratoria máxima (PI<sub>máx</sub>) fueron significativamente mayor en los participantes O, asimismo, la conductancia específica de las vías aéreas (sGaw) fue significativamente mayor en sujetos Np. En conclusión, el IMC mostró mayor versatilidad como predictor de la función ventilatoria, sin embargo, se necesitan mayores estudios de los efectos mecánicos de este indicador y del PGC sobre las vías aéreas.

**PALABRAS CLAVE:** Índice de masa corporal, porcentaje de grasa corporal, función pulmonar

## INTRODUCCIÓN

La obesidad es una enfermedad crónica caracterizada por la acumulación excesiva o anormal de grasa corporal que presenta un riesgo para la salud. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), un índice de masa corporal (IMC)  $\geq 30$  kg/m<sup>2</sup> es un indicador de esta condición (Fruh, 2017). Esta enfermedad ha alcanzado proporciones epidémicas, en donde a nivel mundial se ha triplicado desde 1975. En el año 2016, alrededor de 1900 millones de adultos presentaban sobrepeso y más de 650 millones obesidad, correspondiendo este último a un 13 % de la población mundial, siendo la enfermedad metabólica más común (Organización Mundial de la Salud, 2018). Se ha visto que este estado promueve cambios metabólicos y estructurales que provocan una mayor susceptibilidad a una serie de sucesos, como enfermedades cardiovasculares, pulmonares, renales y biliares, alteraciones metabólicas, apnea obstructiva del sueño y algunos tipos de neoplasias (Melo *et al.*, 2014). La

etiología de la obesidad resulta compleja y es de carácter multifactorial, la cual contempla la interacción de genes con el ambiente, como también el estilo de vida y factores emocionales (Mafort *et al.*, 2016).

Se ha visto que la obesidad afecta la función ventilatoria, asociándose a un menor desarrollo pulmonar, atopía, menor capacidad de respuesta bronquial y mayor riesgo de asma (Melo *et al.*; Sutherland *et al.*, 2016). Se han propuesto diversos mecanismos, incluidos los cambios mecánicos directos debidos a los depósitos de grasa en la pared torácica, el abdomen y la vía aérea superior, así como la inflamación crónica sistémica (McLachlan *et al.*, 2007). Con ello aumenta el trabajo ventilatorio y, por lo tanto, el consiguiente aumento del impulso respiratorio neural, además de ocasionar apneas del sueño y eventualmente insuficiencia respiratoria hipercápnica (Hancox *et al.*, 2005).

<sup>1</sup> Licenciatura en Kinesiología, Universidad Católica del Maule, Talca, Chile.

<sup>2</sup> Programa de Doctorado en Ciencias Morfológicas, Universidad de La Frontera, Temuco, Chile.

<sup>3</sup> Departamento de Ciencias Morfológicas, Facultad de Medicina y Ciencia, Universidad San Sebastián, Puerto Montt, Chile.

<sup>4</sup> Programa de Función Disfunción Ventilatoria, Departamento de Kinesiología, Universidad Católica del Maule, Talca, Chile.

En individuos obesos, debido al exceso de grasa corporal recubre el tórax y el abdomen, se restringe la movilidad diafragmática y de la parrilla costal, lo que promueve cambios en la dinámica del sistema ventilatorio y disminuye su funcionalidad, generando una enfermedad respiratoria con un patrón restrictivo (Rabec *et al.*, 2011). También la reducción de la función pulmonar puede deberse a un aumento del volumen sanguíneo pulmonar, al cierre de las vías respiratorias dependientes de la formación de pequeñas áreas de atelectasia, o bien al aumento de la tensión superficial alveolar (Melo *et al.*). Además, el tejido adiposo actúa como órgano endocrino y paracrino que produce citoquinas y mediadores bioactivos, propiciando un estado proinflamatorio que puede estar asociado con hipoplasia pulmonar, atopia, hiperreactividad bronquial y un mayor riesgo de asma en individuos obesos (Mafort *et al.*).

Para estimar la relación entre la obesidad y la función respiratoria, se han utilizado distintas metodologías, siendo un punto de controversia el método de estimación de la adiposidad. Si se considera el IMC como medida de la adiposidad, se han determinado asociaciones inconsistentes con la función respiratoria, en relación a algunos estudios que demuestran una disminución significativa y otros no. Por ejemplo, Santana *et al.* (2001) evaluaron la relación entre la composición corporal, la distribución de grasa y la función pulmonar en 97 hombres con edades entre 67 a 78 años, encontrando una correlación negativa entre el IMC, la capacidad vital forzada (CVF) y volumen espiratorio forzado en el primer segundo (VEF<sub>1</sub>). Por otro lado, Çolak *et al.* (2015) intentaron determinar si la obesidad afecta la presencia de limitación del flujo de aire, evaluando el IMC y la relación entre VEF<sub>1</sub>/CVF, evidenciando que el diagnóstico de la limitación del flujo de aire fue significativamente menos probable en sujetos con un IMC > 25 kg/m<sup>2</sup> debido a una asociación positiva entre el IMC, VEF<sub>1</sub> y CVF, resultando un diagnóstico inadecuado y un posterior tratamiento insuficiente de la enfermedad pulmonar obstructiva crónica en personas con sobrepeso y obesidad.

Estos hallazgos se deberían a que el IMC es una medida deficiente de la adiposidad. Es por ello que se plantean medidas alternativas, como la circunferencia de la cintura y la relación cintura-cadera, los cuales han demostrado asociaciones significativamente negativas con la CVF y VEF<sub>1</sub> (Canoy *et al.*, 2004; Chen *et al.*, 2007). También el grosor de pliegues cutáneos se han utilizado para estimar la grasa corporal total y se ha asociado negativamente con la capacidad pulmonar total (CPT) y la CVF (Collins *et al.*, 1995; Lazarus *et al.*, 1998).

Debido a la variabilidad de los parámetros según la medición de adiposidad, es que el objetivo de la presente

investigación fue comparar parámetros de la función pulmonar en individuos obesos según IMC y porcentaje de distribución de grasa corporal.

## MATERIAL Y MÉTODO

Estudio transversal exploratorio, desarrollado entre julio y agosto del 2016 en el Laboratorio de Función-Disfunción Ventilatoria de la Universidad Católica del Maule (UCM).

**Participantes.** Se reclutaron estudiantes de la UCM, para calcular el número se utilizó el programa estadístico eNe 3.0. Se determinó una potencia del 80 %, un nivel de significación de 5 %. Esto arrojó un número de 51 sujetos, no obstante, considerando un 10 % de abandono se evaluaron 57 participantes. el número total de participantes es de 57. Los participantes fueron mayores de 18 años, no tenían evidencia clínica de enfermedad respiratoria crónica y/o aguda y presentaban valores espirométricos normales. Se excluyeron los sujetos con hábitos tabáquico, alteraciones morfológicas de tórax o columna vertebral. Todos firmaron un formulario de consentimiento informado previamente visado por el comité de ética de la UCM (23/2016).

La muestra fue dividida en normo-peso (Np) y obesos (O), en dos instancias distintas, según criterios de IMC (Organización Mundial de la Salud, 2018) y por porcentaje de grasa corporal (PGC) (Durnin & Womersley, 1974). Las pruebas de función pulmonar se realizaron en el laboratorio de Función Disfunción Ventilatoria de la Universidad Católica del Maule por el kinesiólogo a cargo (Certificado MINSAL).

### Antropometría

**Estatura.** Se midió con un antropómetro SECA® (modelo 220, Hamburgo Alemania) la distancia desde el suelo al vértex. El sujeto debió estar de pie, con los talones juntos y los pies formando un ángulo de 45°. Talones, glúteos, espalda y región occipital en contacto con la superficie del antropómetro. La medida fue en inspiración máxima, manteniendo la cabeza en el plano meato-orbitario (de Frankfort) (International Society for Advancement of Kinanthropometry, 2001).

**Masa corporal.** Se utilizó una balanza SECA® (modelo 840, Hamburgo Alemania) para registrar el peso en kilogramos. Importante, para prevenir falsos positivos el sujeto no vio su registro (International Society for Advancement of Kinanthropometry).

**Índice de masa corporal.** Es un indicador de la relación entre el peso y la talla, se utiliza para identificar el sobrepeso y la obesidad. Se obtiene dividiendo el peso en kilogramos por su talla en metros al cuadrado ( $\text{kg}/\text{m}^2$ ) (Organización Mundial de la Salud).

**Porcentaje de grasa corporal.** Se utiliza para determinar la masa grasa, a través de la medición de los pliegues bicipital, tricipital, subescapular y suprailíaco los cuales interactúan con una función logarítmica y constantes en la siguiente fórmula:  $C - [M * \text{Log}(\text{suma pliegues})]$ , en donde las constantes C y M están determinadas por la edad y el sexo del evaluado (Durnin & Womersley). Los pliegues se midieron con un caliper Lange Skinfold Caliper® (Beta Technology, Santa Cruz California), los pliegues fueron; Bicipital: punto medio de la línea media acromial-radial, cara anterior del brazo, sobre la porción media del bíceps, paralelo al eje longitudinal del brazo; Tricipital: es vertical, se sitúa en el punto medio acromio-radial de la cara posterior del brazo; Subescapular: ubicado a dos centímetros del ángulo inferior de la escápula, está en dirección oblicua hacia abajo y afuera formando un ángulo de  $45^\circ$  con la horizontal; Suprailíaco: encima de la cresta ilíaca en la línea medio axilar. El pliegue corre hacia delante y hacia abajo, formando un ángulo de alrededor de  $30-45^\circ$  con la horizontal (International Society for Advancement of Kinanthropometry).

**Volúmenes ventilatorios.** Las pruebas se realizaron en un pletismógrafo corporal Mediagraphics (Modelo Platinum Elite DL® St. Paul, Minnesota USA). Se midió según la normativa de la American Thoracic Society (ATS). De manera breve, se ajustó la pieza bucal a la altura de la cavidad oral. El evaluado debió asegurar que su boca este bien cerrada durante la prueba para evitar fugas de aire, pinza nasal, sus manos para bloquear la musculatura facial. Posteriormente se cerró la cabina y se indicó realizar cuatro ventilaciones a volumen corriente. Se instruyó al sujeto para que “jadeara suavemente” intentando mover volúmenes de entre 50 a 60 mL mientras bloqueabas mejillas con los extremos de los dedos para evitar fluctuación de la presión de la boca. La frecuencia de jadeo debió ser cercana a 60 por minuto (1 Hz). El profesional a cargo activó el shutter durante 2 a 3 segundos, después de esto se indicó una inspiración máxima y posteriormente una espiración hasta volumen residual (VR) (Wanger *et al.*, 2005).

**Medición de la presión inspiratoria y espiratoria máxima (P<sub>Imáx</sub>-PE<sub>máx</sub>).** Se midió según la normativa de la ATS. De manera breve, en el caso de la P<sub>Imáx</sub> el evaluado se colocó las pinzas nasales, ventiló a volumen corriente por cinco ciclos respiratorios a través del neumotacógrafo y se le indicó al sujeto realizar una espiración máxima, se blo-

queó el neumotacógrafo y se solicitó una inspiración máxima contra la válvula cerrada. Para la PE<sub>máx</sub> el evaluado se colocó las pinzas nasales, ventiló a volumen corriente por cinco ciclos respiratorios a través del neumotacógrafo y se le indicó al sujeto realizar una inspiración máxima, se bloqueó el neumotacógrafo y se solicitó una espiración máxima contra la válvula cerrada. En ambas, se seleccionó la mejor prueba de un mínimo de tres maniobras aceptables y reproducibles según normativa ATS (American Thoracic Society/European Respiratory Society, 2002).

**Análisis estadístico.** Se utilizó el programa estadístico GraphPad Prism (versión 5.0®, San Diego, USA). El manejo descriptivo de las variables fue mediante promedio  $\pm$  desviación estándar. Para observar diferencias en el comportamiento del volumen y presiones pulmonares según estado nutricional, normo-peso versus obeso, se utilizó la prueba t de student o U de Mann-Whitney para muestras independientes. El nivel de significancia estadística se estableció en un  $p < 0,05$ .

## RESULTADOS

El total de evaluados fue de 39 y 32 sujetos para el grupo IMC y PGC, respectivamente, se excluyeron 18 y 25 sujetos debido a estar fuera de los rangos exigidos para ser considerados Np y O, tanto por IMC como por PGC (Fig. 1). Ambos grupos se encontraron en equilibrio en la división por sexo (Tablas I y II) y la edad en ambos grupos estuvo en los 22 años promedio y no mostró diferencia significativa entre ambas condiciones (Tablas I y II). La comparación entre los grupos para las variables de antropometría corporal mostró un aumento significativo en sujetos Np versus los O en las variables de peso e IMC, para ambas divisiones (Tablas I y II). En función pulmonar, el análisis mostró un aumento significativo en el valor de la capacidad inspiratoria (CI) de O versus Np y del volumen de reserva espiratoria (VRE) y capacidad residual funcional (CRF) de Np en relación a O, tanto para la división por IMC como por PGC (Tablas III y IV). Sin embargo, en el grupo dividido por IMC las variables resistencias específica de las vías aéreas (sRaw) y P<sub>Imáx</sub> fueron significativamente mayor en los participantes O, asimismo, la conductancia específica de las vías aéreas (sGaw) fue significativamente mayor en sujetos Np. Por otra parte, el VR fue significativamente mayor en sujetos Np en comparación a O según su PGC (Tabla IV). Al comparar la edad de entre ambos grupos de O no se observaron diferencias significativas, asimismo, las variables de antropometría básicas, pliegues y circunferencias tampoco mostraron diferencias (Tabla V).

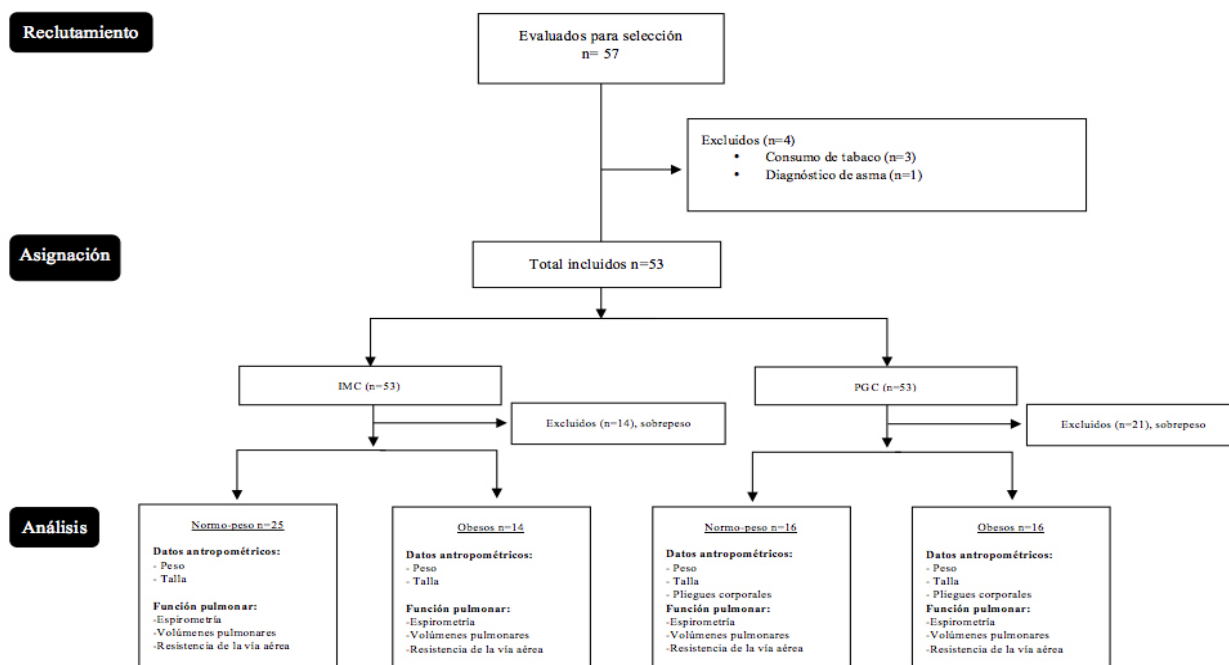


Fig. 1. Selección de los sujetos de estudio. Índice de Masa Corporal (IMC), Porcentaje de Grasa Corporal (PGC).

Tabla I. Descripción de la muestra según Índice de Masa Corporal.

Muestra	Normo peso	Obeso	Valor <i>p</i>
Número (n)	25	14	-
Hombres (n)	12	7	-
Mujeres (n)	13	7	-
Edad (años)	21,96±2,18	22,64±3,47	0,785
Peso (Kg)	59,70±6,70	94,54±13,05	0,0001
Talla (m)	1,65±0,07	1,62±0,09	0,571
IMC (Kg/m <sup>2</sup> )	21,90±1,91	34,31±3,61	0,0001
Grasa (%)	24,60±7,42	31,50±5,68	0,004
CVF (L)	4,06±0,70	4,48±1,02	0,183
VEF <sub>1</sub> (L)	3,76±0,75	3,69±0,75	0,763
VEF <sub>1</sub> /CVF (%)	88,64±5,64	82,93±4,74	0,002
FEF <sub>25-75</sub> (L/seg)	3,34±0,63	3,83±0,82	0,119
FEF máx (L/seg)	7,73±1,89	8,06±1,77	0,661

kg: kilogramos; m: metros; kg/m<sup>2</sup>: kilogramo partido por metros al cuadrado; cm: centímetros; L: litros; L/seg: litros partidos por segundos; %: porcentaje; CVF: capacidad vital forzada; VEF<sub>1</sub>: volumen espiratorio forzado en el primer segundo VEF<sub>1</sub>/CVF: relación entre el volumen espiratorio forzado en el primer segundo y capacidad vital forzada; FEF<sub>25-75</sub>: flujo espiratorio forzado entre el 25 y 75 % de la capacidad vital forzada; FEF máx: flujo espiratorio forzado máximo.

Tabla II. Descripción de la muestra según porcentaje de grasa.

Muestra	Normo peso	Obeso	Valor <i>p</i>
Número (n)	16	16	-
Hombres (n)	8	8	-
Mujeres (n)	8	8	-
Edad (años)	22,06±2,35	22,44± 3,5	0,915
Peso (Kg)	56,68±7,94	90,16±15,86	0,0001
Talla (m)	1,66±0,08	1,66±0,08	0,701
IMC (Kg/m <sup>2</sup> )	21,04±1,72	32,44±4,9	0,0001
Grasa (%)	21,09±6,42	32,38±4,85	0,0001
CVF (L)	4,57±0,99	4,54±1,04	0,622
VEF <sub>1</sub> (L)	3,99±0,81	3,80±0,76	0,379
VEF <sub>1</sub> /CVF (%)	89,25±6	84,38±4,06	0,010
FEF <sub>25-75</sub> (L/seg)	4,64±1,03	4,09±0,71	0,092
FEF máx (L/seg)	8,36±1,88	7,82±1,78	0,322

kg: kilogramos; m: metros; kg/m<sup>2</sup>: kilogramo partido por metros al cuadrado; cm: centímetros; L: litros; L/seg: litros partidos por segundos; %: porcentaje; CVF: capacidad vital forzada; VEF<sub>1</sub>: volumen espiratorio forzado en el primer segundo VEF<sub>1</sub>/CVF: relación entre el volumen espiratorio forzado en el primer segundo y capacidad vital forzada; FEF<sub>25-75</sub>: flujo espiratorio forzado entre el 25 y 75 % de la capacidad vital forzada; FEF máx: flujo espiratorio forzado máximo.

Tabla III. Variables de función pulmonar según Índice de Masa Corporal.

Variable	Normopeso	Obesos	Valor <i>p</i>
	(n=25)	(n=14)	
CI (L)	2,258±0,435	3,291±0,810	0,0001
VRE (L)	1,688±0,764	0,942±0,504	0,0005
VR (L)	1,627±0,627	1,409±0,336	0,263
CRF (L)	3,386±0,836	2,351±0,681	0,0004
CPT (L)	5,577±1,064	5,641±1,279	0,868
RAW (cmH <sub>2</sub> O/L/s)	-	-	-
GAW (L/s/cmH <sub>2</sub> O)	-	-	-
sRAW (cmH <sub>2</sub> O*s)	3,027±0,981	3,789±1,304	0,026
sGAW (1/cmH <sub>2</sub> O*s)	0,369±0,136	0,285±0,093	0,049
PI <sub>máx</sub> (-cmH <sub>2</sub> O)	104,8±34,77	141,0±38,03	0,001
PE <sub>máx</sub> (cmH <sub>2</sub> O)	106,4±26,70	112,1±29,86	0,542

L: litros; s: segundos; CI: capacidad inspiratoria, VRE: volumen de reserva espiratoria; VR: volumen residual; CRF: capacidad residual funcional; CPT: capacidad pulmonar total; RAW: resistencia de la vía aérea; GAW: conductancia de la vía aérea; sRAW: resistencia específica de la vía aérea; sGAW: conductancia específica de la vía aérea; cmH<sub>2</sub>O/L/s: centímetros de agua partido por litros partido por segundos; L/s/cmH<sub>2</sub>O: litros partido por segundos partidos centímetros de agua; cmH<sub>2</sub>O\*s: centímetros de agua por segundos; 1/cmH<sub>2</sub>O\*s: uno partido por centímetros de agua por segundos; PI<sub>máx</sub>: presión inspiratoria máxima; cmH<sub>2</sub>O: centímetros de agua; PE<sub>máx</sub>: presión espiratoria máxima.

Tabla IV. Variables de función pulmonar según porcentaje de grasa.

Variable	Normopeso	Obesos	Valor <i>p</i>
	(n=16)	(n=16)	
CI (L)	2,327±0,471	3,166±0,837	0,002
VRE (L)	1,891±0,848	1,136±0,566	0,005
VR (L)	1,790±0,748	1,365±0,576	0,048
CRF (L)	3,681±0,754	2,501±0,707	0,0001
CPT (L)	6,01±1,02	5,66±1,22	0,393
RAW (cmH <sub>2</sub> O/L/s)	-	-	-
GAW (L/s/cmH <sub>2</sub> O)	-	-	-
sRAW (cmH <sub>2</sub> O*s)	3,144±0,957	3,603±1,181	0,237
sGAW (1/cmH <sub>2</sub> O*s)	0,346±0,106	0,307±0,104	0,300
PI <sub>máx</sub> (-cmH <sub>2</sub> O)	106,4±28,75	127,3±46,24	0,220
PE <sub>máx</sub> (cmH <sub>2</sub> O)	115,1±25,50	110,3±28,85	0,625

L: litros; s: segundos; CI: capacidad inspiratoria, VRE: volumen de reserva espiratoria; VR: volumen residual; CRF: capacidad residual funcional; CPT: capacidad pulmonar total; RAW: resistencia de la vía aérea; GAW: conductancia de la vía aérea; sRAW: resistencia específica de la vía aérea; sGAW: conductancia específica de la vía aérea; cmH<sub>2</sub>O/L/s: centímetros de agua partido por litros partido por segundos; L/s/cmH<sub>2</sub>O: litros partido por segundos partidos centímetros de agua; cmH<sub>2</sub>O\*s: centímetros de agua por segundos; 1/cmH<sub>2</sub>O\*s: uno partido por centímetros de agua por segundos; PI<sub>máx</sub>: presión inspiratoria máxima; cmH<sub>2</sub>O: centímetros de agua; PE<sub>máx</sub>: presión espiratoria máxima.

Tabla V. Análisis comparativo de variables confundentes entre sujetos obesos según IMC y porcentaje de grasa.

Muestra	IMC	% Grasa	Valor <i>p</i>
Número (n)	13	16	
Hombres (n)	7	8	
Mujeres (n)	6	8	
Edad (años)	22,57±3,48	22,44± 3,50	0,917
Peso (Kg)	94,54±13,05	90,16±15,86	0,419
Talla (m)	1,66±0,09	1,66±0,08	0,922
IMC (Kg/m <sup>2</sup> )	34,16±3,58	32,44±4,90	0,286
Grasa (%)	31,50±5,68	32,38±4,85	0,652
Pliegue bicipital (mm)	12,12±3,47	12,35±3,15	0,876
Pliegue tricípital (mm)	25,76±7,75	26,44±6,21	0,793
Pliegue subescapular (mm)	32,93±6,90	30,83±8,11	0,456
Pliegue supailéaco (mm)	34,10±6,57	33,48±6,21	0,794
Circunferencia ME (cm)	105,0±5,28	102,1±7,59	0,245
Circunferencia cintura (cm)	101,6±8,49	98,1±11,33	0,360
ICC	0,910±0,03	0,890±0,05	0,370

n: número; kg: kilogramos; m: metros; kg/m<sup>2</sup>: kilogramo partido por metros al cuadrado; %: porcentaje; mm: milímetros; cm: centímetros; ME: mesoesternal.

## DISCUSIÓN

Los resultados reportados, al realizar el análisis según el IMC, mostraron diferencias significativas en la sRaw y sGaw de sujetos O en relación a los Np, situación no observada al realizar el análisis según PGC, donde solo se observaron diferencias significativas en los volúmenes pulmonares (Tablas III y IV). La evidencia indica que la obesidad provoca cambios significativos en volúmenes, presiones y resistencia de la vía aérea (RVA), aquí los modelos de distribución de grasa corporal explicarían en parte este fenómeno, debido a las repercusiones en la mecánicas ventilatoria que generaría la acumulación de grasa en el tórax y/o abdomen (Mafort *et al.*).

Por tanto, una consideración importante al momento de categorizar la obesidad, es saber si la herramienta elegida es válida y también proporciona información adicional sobre la localización del tejido graso. Determinar si los sujetos O presenten similar distribución de la grasa, o esta predomina en sectores localizados como en el tórax por ejemplo, permitiría saber si altera de forma selectiva variables relacionadas con este segmento, como la función ventilatoria para este caso en específico. En este sentido la literatura es precaria puesto que, junto con ser difusa, presenta en forma sostenida la clasificación de los sujetos principalmente según IMC y no por su PGC. Al respecto, Kyle *et al.* (2003) observaron una relación directa y significativa entre IMC y PGC, sin embargo, esta asociación era en el grupo de sujetos Np y sobrepesos, no así en los O donde esta correlación se perdía. Los investigadores atribuyen este fenómeno a que en las mediciones de PGC, tanto las variables externas (experiencia del evaluador) como internas (nivel de agua corporal) generarían una disminución en la confiabilidad de esta prueba (Kyle *et al.*). Esto respaldaría los resultados obtenidos, debido a que frente a una misma muestra el IMC mostró diferencias significativas en la RVA, situación no observada al utilizar el PGC. En este caso, al igual que Kyle *et al.*, puede ser que la medición del PGC haya disminuido su confiabilidad en el segmento de los O. A contramano Cotes *et al.* (2001) concluyeron, en una muestra de 458 sujetos de ambos sexos y edades entre 25 a 74 años, que la masa libre de grasa y el PGC aumentan la exactitud en las ecuaciones de referencia de función pulmonar versus la baja información entregada por el IMC. Por tanto, no existe una posición clara con respecto a las herramientas de categorización de la obesidad y su relación con la función pulmonar.

En específico, los resultados de la función ventilatoria según IMC muestran que existe una diferencia significativa en sRaw y sGaw entre sujetos O y Np.

Mientras que cuando se trata de CRF y VRE ambas categorías IMC y PGC, no muestran diferencias significativas entre los sujetos O y Np, excepto para VR a favor del PGC, donde esta variable está disminuida en sujetos con mayor PGC. Asumiendo que estos son términos clínicamente poco estudiados en sujetos sanos, debido a que no son predictores utilizados para diagnosticar patologías respiratorias y en base a los resultados reportados, existe una alta probabilidad de que la obesidad incube evidentes valores de compromiso sin que aún se hayan expresado clínicamente, excepto por la presencia mecánica de disfunciones de la vía aérea. En este contexto, la información indica que la obesidad ha demostrado tener una relación directa con la disminución en la compliance de la pared torácica, provocando los trastornos mecánicos ya mencionados (Maiolo *et al.*, 2003; Mafort *et al.*).

De esta manera, los resultados confirman lo planteado por Zerah *et al.* (1993), quienes estudiaron los efectos de la obesidad en la resistencia del sistema ventilatorio. Para esto midieron 46 pacientes con un rango etario entre 16 y 63 años, obteniendo además como resultado que el aumento de la Raw está directamente relacionado con la disminución de volúmenes pulmonares (Zerah *et al.*), lo cual se hace evidente en las Tablas III y V. Al mismo tiempo que la conductancia mostraba una relación directa y significativa con esta disminución de volúmenes, es decir, a menor Gaw, menor serían los volúmenes pulmonares, resultados que concuerdan con la disminución específica de CRF y VRE de este estudio (Tablas III y IV).

Otros antecedentes bibliográficos señalan que esto se podría asociar a que el tejido adiposo promueve la producción de citoquinas proinflamatorias, alterando la función del sistema ventilatorio y el tono de las vías respiratorias. Al mismo tiempo el tejido adiposo acumulado en la pared de la caja torácica y en la cavidad abdominal comprimen la caja torácica dificultando aún más el trabajo respiratorio y el funcionamiento normal de las variables de función ventilatoria (Costa *et al.*, 2008). En este contexto, Barton *et al.* (2016) demostraron que existe una relación directa entre porcentaje de área de la pared bronquial e IMC ( $r=0,55$ ;  $p<0,001$ ) y volumen adiposo subcutáneo ( $r=0,41$ ;  $p<0,001$ ). Sin embargo, tales especulaciones requieren de estudios morfofuncionales de alta resolución, que permitan despejar si efectivamente la acumulación selectiva de grasa provoca tales efectos y lo más atendible aún, si la traducción que entregan las técnicas de medición convencionalmente utilizadas están en condiciones de especificidad y sensibilidad suficientes para pesquisar

tales compromisos. Al respecto, los presentes resultados sólo permiten señalar que en altos niveles de obesidad el IMC siguen entregando mejores niveles de información (Tablas I y III).

Del mismo modo que Littleton (2012), quien estudió el impacto de la obesidad en el sistema ventilatorio y planteó que en sujetos O existe un incremento de las resistencias elásticas tanto de los pulmones como de la caja torácica, lo cual unido a la reducción de la distensibilidad pulmonar condicionarían un mayor trabajo respiratorio (Chlif *et al.*, 2005; Kera & Maruyama, 2005). El presente estudio demuestra con claridad la compensación activa dada por el incremento de la CI en ambos controles. No obstante, cuando la comparación se focaliza en la musculatura inspiratoria, nuevamente sólo el IMC mostró sensibilidad para su traducción. Así, reconociendo la capacidad del IMC como predictor de la función ventilatoria, aún estaría pendiente explorar si definitivamente los efectos mecánicos del PGC sobre las vías aéreas se podrían obtener con mejores instrumentos de medición.

### Limitaciones y proyecciones

Una importante limitación corresponde a la baja utilización del PGC en las investigaciones, ya que en la mayoría de los estudios previos los datos se comparan en base al IMC. A pesar de que el PGC se espera que actúe como una variable más sensible y directa para observar el estado nutricional, es menos utilizada, ya que se requiere de una mayor complejidad para la obtención de los datos.

Además, no se incluyó en los criterios el nivel de actividad física que poseen los sujetos de la muestra, siendo esta una variable que puede incidir o no los resultados de función pulmonar.

Sería interesante incorporar el uso de otras variables antropométricas para relacionarlas con el comportamiento de la función ventilatoria. La asociación con las variables de función ventilatoria para los grupos Np y O, en futuros estudios deberían incorporar con mayor especificidad las mediciones de dimensiones torácicas y abdomen como también las mediciones de grasa total a través de bioimpedancia o determinación de grasa torácica y abdominal por tomografía axial computarizada, las cuales en complemento con el IMC y/o PGC puedan estimar de manera más representativa la localización del tejido graso. En la misma línea, dado el comportamiento de los hallazgos, resta por incorporar a estos estudios aquellos grupos de condición intermedia como los sobrepesos los cuales pudiesen aportar en la comprensión del fenómeno en estudio.

**RODRÍGUEZ, V. S.; DONOSO, R. D.; SÁNCHEZ, P. E.; MUÑOZ, C. R.; CONEI, D.; DEL SOL, M. & ESCOBAR, C. M.** Use of the body mass index and body fat percentage in the analysis of pulmonary function. *Int. J. Morphol.*, 37(2):592-599, 2019.

**SUMMARY:** Currently, obesity is considered a pandemic, in addition to the known metabolic changes, structural alterations such as those generated in the ventilatory system occur. However, it has been observed that depending on the form of categorization of this condition, there may or may not be alteration on this system, thus generating a complication when choosing this tool. Therefore, the objective of this study was to compare parameters of lung function in obese individuals and normo-weight according to body mass index (BMI) and body fat percentage (BFP). The ventilatory function was measured in 57 participants, later these variables were contrasted between the subjects normal weight (Nw) and obese (O) according to BMI and BFP. A significant increase in the inspiratory capacity (IC) value of O versus Nw was observed and of the expiratory reserve volume (ERV) and functional residual capacity (FRC) of Nw in relation to O, both for the division by BMI and by BFP. In the group divided by BMI, the variables of specific resistance of the airways (sRaw) and maximal inspiratory pressure (MIP) were significantly higher in the participants O. In addition, specific airway conductance (sGaw) was significantly higher in subjects Nw. In conclusion, the BMI showed greater versatility as a predictor of ventilatory function, however, more studies are needed on the mechanical effects of this indicator and the BFP on the airways.

**KEY WORDS:** Body mass index; Body fat percentage; Lung function.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- American Thoracic Society/European Respiratory Society. ATS/ERS Statement on respiratory muscle testing. *Am. J. Respir. Crit. Care Med.*, 166(4):518-624, 2002.
- Barton, J. H.; Ireland, A.; Fitzpatrick, M.; Kessinger, C.; Camp, D.; Weinman, R.; McMahon, D.; Leader, J. K.; Holguin, F.; Wenzel, S. E.; Morris, A. & Gingo, M. R. Adiposity influences airway wall thickness and the asthma phenotype of HIV-associated obstructive lung disease: a cross-sectional study. *B. M. C. Pulm. Med.*, 16(1):111, 2016.
- Canoy, D.; Luben, R.; Welch, A.; Bingham, S.; Wareham, N.; Day, N. & Khaw, K. T. Abdominal obesity and respiratory function in men and women in the EPIC-Norfolk Study, United Kingdom. *Am. J. Epidemiol.*, 159(12):1140-9, 2004.
- Chen, Y.; Rennie, D.; Cormier, Y. F. & Dosman, J. Waist circumference is associated with pulmonary function in normal-weight, overweight, and obese subjects. *Am. J. Clin. Nutr.*, 85(1):35-9, 2007.
- Chlif, M.; Keochkerian, D.; Mourlhon, C.; Choquet, D. & Ahmaidi, S. Noninvasive assessment of the tension-time index of inspiratory muscles at rest in obese male subjects. *Int. J. Obes. (Lond.)*, 29(12):1478-83, 2005.
- Çolak, Y.; Marott, J. L.; Vestbo, J. & Lange, P. Overweight and obesity may lead to under-diagnosis of airflow limitation: findings from the Copenhagen City Heart Study. *C. O. P. D.*, 12(1):5-13, 2015.
- Collins, L. C.; Hoberty, P. D.; Walker, J. F.; Fletcher, E. C. & Peiris, A. N. The effect of body fat distribution on pulmonary function tests. *Chest*, 107(5):1298-302, 1995.

- Costa, D.; Barbalho, M. C.; Miguel, G. P.; Forti, E. M. & Azevedo, J. L. The impact of obesity on pulmonary function in adult women. *Clinics (Sao Paulo)*, 63(6):719-24, 2008.
- Cotes, J.; Chinn, D. & Reed, J. Body mass, fat percentage, and fat free mass as reference variables for lung function: effects on terms for age and sex. *Thorax*, 56(11):839-44, 2001.
- Durnin, J. V. & Womersley, J. Body fat assessed from total body density and its estimation from skinfold thickness: measurements on 481 men and women aged from 16 to 72 years. *Br. J. Nutr.*, 32(1):77-97, 1974.
- Fruh, S. M. Obesity: Risk factors, complications, and strategies for sustainable long-term weight management. *J. Am. Assoc. Nurse Pract.*, 29(S1):S3-S14, 2017.
- Hancox, R. J.; Milne, B. J.; Poulton, R.; Taylor, D. R.; Greene, J. M.; McLachlan, C. R.; Cowan, J. O.; Flannery, E. M.; Herbison, G. P. & Sears, M. R. Sex differences in the relation between body mass index and asthma and atopy in a birth cohort. *Am. J. Respir. Crit. Care Med.*, 171(5):440-5, 2005.
- International Society for Advancement of Kinanthropometry (ISAK). *International Standards for Anthropometric Assessment*. Potchefstroom, International Society for the Advancement of Kinanthropometry, 2001.
- Kera, T. & Maruyama, H. The effect of posture on respiratory activity of the abdominal muscles. *J. Physiol. Anthropol. Appl. Human Sci.*, 24(4):259-65, 2005.
- Kyle, U. G.; Schutz, Y.; Dupertuis, Y. M. & Pichard, C. Body composition interpretation. Contributions of the fat-free mass index and the body fat mass index. *Nutrition*, 19(7-8):597-604, 2003.
- Lazarus, R.; Gore, C. J.; Booth, M. & Owen, N. Effects of body composition and fat distribution on ventilatory function in adults. *Am. J. Clin. Nutr.*, 68(1):35-41, 1998.
- Littleton, S. W. Impact of obesity on respiratory function. *Respirology*, 17(1):43-9, 2012.
- Mafort, T. T.; Rufino, R.; Costa, C. H. & Lopes, A. J. Obesity: systemic and pulmonary complications, biochemical abnormalities, and impairment of lung function. *Multidiscip. Respir. Med.*, 11:28, 2016.
- Maiolo, C.; Mohamed, E. I. & Carbonelli, M. G. Body composition and respiratory function. *Acta Diabetol.*, 40 Suppl. 1:S32-8, 2003.
- McLachlan, C. R.; Poulton, R.; Car, G.; Cowan, J.; Filsell, S.; Greene, J. M.; Taylor, D. R.; Welch, D.; Williamson, A.; Sears, M. R. & Hancox, R. J. Adiposity, asthma, and airway inflammation. *J. Allergy Clin. Immunol.*, 119(3):634-9, 2007.
- Melo, L. C.; Silva, M. A. & Calles, A. C. Obesity and lung function: a systematic review. *Einstein (Sao Paulo)*, 12(1):120-5, 2014.
- Organización Mundial de la Salud (OMS). *Obesidad y Sobrepeso*. Ginebra, Organización Mundial de la Salud, 2018. Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight>
- Rabec, C.; de Lucas Ramos, P. & Veale, D. Respiratory complications of obesity. *Arch. Bronconeumol.*, 47(5):252-61, 2011.
- Santana, H.; Zoico, E.; Turcato, E.; Tosoni, P.; Bissoli, L.; Olivieri, M.; Bosello, O. & Zamboni, M. Relation between body composition, fat distribution, and lung function in elderly men. *Am. J. Clin. Nutr.*, 73(4):827-31, 2001.
- Sutherland, T. J.; McLachlan, C. R.; Sears, M. R.; Poulton, R. & Hancox, R. J. The relationship between body fat and respiratory function in young adults. *Eur. Respir. J.*, 48(3):734-47, 2016.
- Wanger, J.; Clausen, J. L.; Coates, A.; Pedersen, O. F.; Brusasco, V.; Burgos, F.; Casaburi, R.; Crapo, R.; Enright, P.; van der Grinten, C. P. M.; et al. Standardisation of the measurement of lung volumes. *Eur. Respir. J.*, 26(3):511-22, 2005.
- Zerah, F.; Harf, A.; Perlemuter, L.; Lorino, H.; Lorino, A. M. & Atlan, G. Effects of obesity on respiratory resistance. *Chest*, 103(5):1470-6, 1993.

Dirección para correspondencia:  
Mg. Máximo Escobar Cabello  
Programa de Función Disfunción Ventilatoria  
Departamento de Kinesiología  
Universidad Católica del Maule  
Talca  
CHILE

Email: maxfescobar@gmail.com

Recibido : 28-09-2018  
Aceptado: 13-01-2019