

Relación entre Dimensiones Antropométricas de Tronco y Valores de Espirometría

Association Between Anthropometric Dimensions of Trunk and Spirometry Indices

Pablo Manríquez Villarroel¹; Marcelo Tuesta²; Álvaro Reyes Ponce² & Claudio Núñez Burgos³

MANRÍQUEZ, V. P.; TUESTA, M.; REYES, P. A. & NÚÑEZ, B. C. Relación entre dimensiones antropométricas de tronco y valores de espirometría. *Int. J. Morphol.*, 41(2):437-444, 2023.

RESUMEN: Los objetivos del presente estudio fueron primero evaluar la asociación de dimensiones antropométricas de tórax y tronco con índices espirométricos, segundo, ajustar una ecuación de predicción con dimensiones antropométricas de tronco y tercero, comparar nuestro modelo predictivo con dos ecuaciones diagnósticas. Se evaluaron 59 estudiantes universitarios entre 20 y 40 años, de ambos sexos, sin hábito tabáquico. Las variables consideradas fueron: edad, sexo, peso, estatura, diámetro transversal de tórax, diámetro anteroposterior de tórax, perímetro de tórax, altura de tórax, altura de tronco, flujo espiratorio máximo (FEM), volumen espiratorio forzado en el primer segundo (VEF₁) y capacidad vital forzada (CVF). Se utilizó el análisis de regresión múltiple para estimar los valores espirométricos en función de las variables demográficas y antropométricas. La CVF y el VEF₁ tienen asociación lineal directa con el diámetro transversal de tórax, altura de tórax, perímetro de tórax y altura de tronco. Se ajustó una ecuación de regresión lineal múltiple que indicó que es posible estimar la CVF y el VEF₁ en función de la altura de tronco y el perímetro de tórax para ambos sexos. Estas variables son capaces de explicar el 74 % de los valores de CVF y el 68 % de los valores de VEF₁. Al comparar los valores obtenidos por nuestras ecuaciones predictivas con las ecuaciones de referencia nacional observamos que nuestros resultados son más cercanos a los de Quanjer *et al.* (2012) que a los de Knudson *et al.* (1983). La altura de tronco y el perímetro de tórax tienen asociación directa con el VEF₁ y CVF y son buenos predictores del VEF₁ y CVF en estudiantes universitarios. Nuestros valores estimados son más cercanos a las ecuaciones de Quanjer *et al.* (2012) en comparación a las estimaciones de Knudson (1983).

PALABRAS CLAVE: Espirometría; Antropometría; Capacidad Vital Forzada; Volumen Espiratorio Forzado.

INTRODUCCIÓN

La espirometría es una prueba fundamental en la evaluación de la función pulmonar y necesaria para la evaluación y seguimiento de las enfermedades respiratorias (García-Río *et al.*, 2013). En la actualidad, las ecuaciones de predicción de las variables espirométricas recomendadas por las diversas asociaciones científicas consideran la estatura, edad y sexo del sujeto para establecer valores de normalidad en cada población (Miller *et al.*, 2005; Gutiérrez *et al.*, 2007). La técnica tradicional para medir la estatura consiste en solicitar a la persona que permanezca de pie y mantenga una postura erecta. Para la mayoría de los pacientes esta medición no resulta complicada. Sin embargo, esta

condición no siempre es factible dentro de la práctica clínica, existiendo un grupo de pacientes incapaces de asumir la bipedestación y por ende no es posible evaluar su estatura en bípedo. Diversos investigadores han propuesto fórmulas matemáticas para estimar la estatura partiendo de una ecuación en la que se utilicen segmentos corporales, por ejemplo, los miembros inferiores (Guzmán *et al.*, 2005). Algunas de estas técnicas presentan limitaciones en la práctica clínica. En el caso de utilizar la envergadura, esta requiere que los miembros superiores del evaluado estén totalmente despejados de cualquier equipo, lo que no siempre es frecuente. Se requiere adicionalmente que la persona cuente

¹ Escuela de Nutrición. Facultad de Ciencias de la Salud. Universidad Viña del Mar, Viña del Mar, Chile.

² Exercise and Rehabilitation Sciences Institute, School of Physical Therapy, Faculty of Rehabilitation Sciences, Universidad Andrés Bello, Santiago de Chile, Chile.

³ Programa de Doctorado en Salud Pública. Universidad Internacional Iberoamericana de México, Mexico.

con la capacidad física para extenderlos totalmente a la altura de los hombros, lo cual no es viable en muchos pacientes de la tercera edad. El uso de los miembros inferiores para estimar la estatura también presenta limitaciones. Estudios longitudinales han demostrado que el crecimiento de los miembros inferiores no siempre es proporcional al desarrollo del tronco (Li *et al.*, 2007). Estas diferencias incluso pueden estar presentes dentro de una misma población (Bogin Varela-Silva, 2010). En ese contexto, dos sujetos pueden tener la misma estatura, pero pueden presentar diferencias en la longitud de miembros inferiores y altura del tronco. En pacientes que por su condición deben permanecer en silla de ruedas de manera permanente, no es sencillo obtener la estatura en bípedo, y dado que la longitud de los miembros no ha demostrado ser una buena aproximación de la estatura, es necesario buscar otras dimensiones antropométricas que permitan estimar índices de función pulmonar en personas que no puedan bipedestar. Por otra parte, durante los últimos años han surgido novedosos estudios sobre dimensiones de tórax y función pulmonar. Torres *et al.* (2017) encontraron correlación positiva entre diámetro y perímetro de tórax con capacidad inspiratoria y capacidad pulmonar total en nadadores. Muñoz & del Sol (2018) observaron que las mediciones de diámetro transverso de tórax y perímetro mesoesternal se asocian con la función pulmonar de universitarios sedentarios evaluados mediante flujo espiratorio máximo (FEM). Sin embargo, es escasa la información disponible sobre las dimensiones de tronco y la función pulmonar evaluada a través de volumen espiratorio forzado en el primer segundo (VEF1) y capacidad vital forzada (CVF), dos indicadores fundamentales en el diagnóstico y seguimiento de las patologías pulmonares. En consecuencia, los objetivos del presente estudio fueron primero evaluar la asociación de dimensiones antropométricas de tronco con índices espirométricos, segundo ajustar una ecuación de predicción con dimensiones antropométricas del tronco y tercero comparar los valores de predicción obtenidos con la ecuación de nuestro estudio con dos ecuaciones diagnósticas recomendadas para uso nacional.

MATERIAL Y MÉTODO

Sujetos. El grupo en estudio estuvo conformado por 59 estudiantes universitarios de ambos sexos. Se incluyeron voluntarios sin enfermedades crónicas respiratorias ni malformaciones torácicas (ej. escoliosis), entre 20 y 40 años y no fumadores o sin hábito tabáquico. Se excluyeron participantes que al momento de la evaluación estuviesen cursando una enfermedad aguda respiratoria. Las mediciones se realizaron previa lectura y firma del consentimiento informado. Los datos fueron recolectados en junio del año 2022, durante la jornada de la mañana (10.00 a 12.00 hrs). Este

estudio fue aprobado por el comité de ética científica de la Universidad Viña del Mar (#52-22). Las variables consideradas fueron: edad, sexo, peso, estatura, diámetro transverso de tórax, diámetro antero-posterior de tórax, perímetro de tórax, altura de tórax, altura de tronco, FEM, VEF1. El peso corporal se midió con una balanza (Seca 700®, Hamburg, Germany) y la talla con un tallímetro telescópico (Seca 220®, Hamburg, Germany).

Diámetros torácicos. Cada sujeto debió permanecer de pie, con el tórax descubierto y miembros superiores en posición de descanso. Para esta evaluación se utilizó un antropómetro mayor (Rosscraft®, Campbell RC-20, Richmond, Canadá). Se marcó el cuarto espacio intercostal por ambos planos sagitales y a nivel del esternón. En la medición del diámetro transverso las ramas del antropómetro se ubicaron en las marcas sagitales. En la medición del diámetro antero-posterior las ramas del antropómetro se posicionaron por anterior sobre un punto meso-esternal y por posterior en el proceso espinoso que se encuentra a nivel con el punto anterior. Ambas mediciones se realizaron al final del volumen corriente (International Society for Advancement of Kinanthropometry, 2001).

Perímetro de tórax. El sujeto permaneció de pie, con el tórax descubierto y miembros superiores en posición de descanso. Para esta medición se utilizó una cinta métrica (SECA® 201, Hamburg, Germany). Se determinó como punto de referencia la marca meso-esternal. Se ubicó la cinta métrica en completo contacto con la piel para luego realizar la medición al final del volumen corriente (International Society for Advancement of Kinanthropometry, 2001).

Altura de tórax. El sujeto se ubicó en posición sedente, con el tórax descubierto y miembros superiores en posición de descanso. Para este estudio se definió como altura del tórax a la proyección de ambos pulmones sobre la región torácica por anterior. Se trazó una línea vertical entre el punto medio clavicular y el reborde costal inferior del hemitórax derecho. Luego se midió la distancia entre ambos puntos con un antropómetro mayor (Rosscraft®, Campbell RC-20, Richmond, Canadá), al finalizar el volumen corriente (International Society for Advancement of Kinanthropometry, 2001).

Altura de tronco. El sujeto se ubicó en posición sedente, con el tórax descubierto y miembros superiores en posición de descanso. Para este estudio se definió como altura del tronco a la distancia entre la apófisis espinosa de la séptima vértebra cervical y una línea horizontal ubicada sobre la articulación entre la quinta vértebra lumbar y el sacro. Luego se midió la distancia entre ambos puntos con un antropómetro mayor (Rosscraft®, Campbell RC-20, Richmond, Canadá),

al finalizar el volumen corriente (International Society for Advancement of Kinanthropometry, 2001).

Todas las mediciones antropométricas se tomaron en dos ocasiones consecutivas, cuyo promedio fue registrado para el análisis estadístico. En el caso que la diferencia entre ambas mediciones fue mayor a 1 cm, una tercera medición fue realizada. En este caso se registró la mediana para el análisis estadístico.

Espirometría. Cada sujeto se ubicó en posición sedente y relajado al menos 10 minutos antes de cada evaluación. Luego se le indicó que realizara una inspiración máxima seguida de una espiración máxima forzada. Se seleccionó el mejor registro de VEF₁, CVF y FEM de un mínimo de tres maniobras aceptables y reproducibles, según el protocolo de la American Thoracic Society (Miller *et al.*, 2005). El instrumento utilizado fue un espirómetro de escritorio (Cosmed® Pony, Roma, Italia), calibrado antes de cada evaluación.

Cálculo del tamaño muestral. Para el cálculo del tamaño muestral, los resultados obtenidos por Muñoz & del Sol (2018) resultaron una buena aproximación. Los autores reportan valores de variabilidad explicada (R²) de 0,46 y 0,62 para estimar la capacidad inspiratoria máxima y el flujo espiratorio máximo con dos variables predictoras. Según lo propuesto por Dattalo & Tripodi (2008) para estimar el tamaño muestral en estudios de regresión lineal múltiple, un r² de al menos 0,26 equivale a un tamaño del efecto (Cohen's f²) de 0,35 lo que clasifica como un efecto grande. Para un modelo de regresión lineal múltiple con tres variables predictoras, una potencia estadística del 90 %, una significación estadística del 5 % y estimando un R² de al menos 0,26 (efecto grande), se estima un tamaño muestral de al menos 45 participantes.

Análisis Estadístico. Los valores son presentados como promedio, desviación estándar, rango y percentiles. Para determinar la normalidad de las variables en estudio se utilizó la prueba de Shapiro-Wilk. Se utilizó el análisis de regresión múltiple para estimar los valores espirométricos en función de las variables demográficas y antropométricas. El análisis de regresión múltiple se ajustó primero con y luego sin la variable estatura para evaluar el cambio en el ajuste del modelo (R²). Con los resultados del análisis sin incluir la variable estatura, se construyeron ecuaciones de predicción para los índices CVF y VEF₁ para ambos sexos. Para evaluar el ajuste de las ecuaciones de regresión se realizó un análisis de regresión diagnóstica con los errores de estimación estandarizados. Finalmente, se obtuvieron los valores estimados de CVF y VEF₁ utilizando las ecuaciones de Quanjer *et al.* (2012), y Knudson *et al.* (1983) para posteriormente compararlos con los valores estimados con las

ecuaciones de este estudio. Para comparar los valores estimados de CVF y VEF₁ entre las ecuaciones de Knudson *et al.* (1983), Quanjer *et al.* (2012), y las ecuaciones propuestas en este estudio se utilizó un análisis de varianza ANOVA a una vía. Posteriormente se utilizó el test de comparaciones múltiples de Scheffé. Los análisis se realizaron con el software estadístico STATA 15.1. Se consideró un resultado estadísticamente significativo cuando el valor de p ≤ 0.05

RESULTADOS

La Tabla I, muestra el promedio, desviación estándar, y el rango de las variables demográficas, antropométricas y espirométricas según sexo y para todos los sujetos. Del total de voluntarios incluidos (n=59) en el estudio, 44,1 % (n=26) fueron de sexo femenino. La Tabla II muestra el resultado de la prueba de Shapiro-Wilk en las variables en estudio. Los resultados muestran que las variables estatura, altura de tórax, altura de tronco, CVF y FEM mostraron distribución normal (p > 0.05).

La Tabla III muestra el resultado del análisis de correlación entre los índices espirométricos, variables demográficas y las dimensiones del tórax. El análisis reveló que el diámetro transversal, perímetro de tórax y altura de tronco presentan una correlación moderada alta con el CVF y VEF₁.

La Tabla IV, muestra el resultado del análisis de regresión lineal para las variables espirométricas en función de las mediciones antropométricas. Los análisis se realizaron primero incluyendo y luego excluyendo la variable estatura, para evaluar el cambio en el porcentaje de variabilidad explicada por el modelo de regresión. El análisis muestra que, sin la estatura, el porcentaje de variabilidad explicada (R²) por las ecuaciones de regresión disminuye en todos los índices espirométricos; sin embargo, la disminución es menor para la CVF y la FEM. Con estos resultados se obtuvieron las siguientes ecuaciones de estimación para la CVF y VEF₁ para ambos sexos.

$$CVF_{hombre} = -2,359 + 0,115 \times altura\ de\ tronco + 0,017 \times perimetro\ de\ torax + e$$

$$CVF_{mujer} = -2,108 + 0,075 \times altura\ de\ tronco + 0,027 \times perimetro\ de\ torax + e$$

$$VEF_{1hombre} = -3,361 + 0,012 \times perimetro\ de\ torax + 0,125 \times altura\ de\ tronco + e$$

$$VEF_{1mujer} = -2,768 + 0,013 \times perimetro\ de\ torax + 0,106 \times altura\ de\ tronco + e$$

El análisis de los residuos estandarizados de los modelos de regresión (Tabla V) muestra que se cumple el supuesto de normalidad para las variables CVF, VEF₁ y FEM. Sin embargo, no se satisface el supuesto de heterocedasticidad de los residuos para el VEF₁.

La Figura 1, muestra el promedio y desviación estándar de los valores estimados de CVF y el VEF₁ obtenidos con las ecuaciones de Knudson *et al.* (1983), Quanjer *et al.* (2012), y las ecuaciones propuestas en este estudio. Los resultados muestran que en ambos índices espirométricos no hay diferencias significativas entre las

estimaciones de Quanjer *et al.* (2012), y las de nuestro estudio. Por el contrario, los valores estimados por las ecuaciones de Knudson *et al.* (1983), son significativamente mayores que las estimaciones de Quanjer *et al.* (2012), y las de nuestro estudio para ambos índices espirométricos.

Tabla I. Promedio (desviación estándar) y rango (mínimo y máximo) de las variables demográficas, antropométricas y espirométricas según sexo y grupo total.

Variable	Hombres (n=33)		Mujeres (n=26)		Total (n=59)	
	Promedio (DE)	Rango	Promedio (DE)	Rango	Promedio (DE)	Rango
Edad (años)	23,27 (2,12)	21-28	23,38 (4,53)	20-38	23,3 (3,37)	20-38
Peso (kg)	82,39 (17,41)	60-130	59,38 (9,13)	43-81	72,25 (18,32)	43-130
Talla (cm)	173,74 (6,36)	166-188	157,88 (6,02)	146-172	166,75 (10,05)	146-188
Diámetro anteroposterior (cm)	40,46 (3,44)	35-49	36,48 (1,49)	34-41	38,7 (3,39)	34-49
Diámetro transversal (cm)	33,74 (3,25)	29-42	28,66 (3,08)	24,5-37,0	31,50 (4,05)	24,5-42
Altura de tórax (cm)	30,87 (4,01)	20-38	29,18 (3,18)	24-34	30,12 (3,73)	20-38
Perímetro de tórax (cm)	101,14 (11,34)	90-145	85,83 (6,16)	76-104	93,01 (16,88)	3,5-145
Altura de tronco (cm)	49,48 (1,97)	45-56	43,73 (2,94)	36-49	46,94 (3,76)	36-56
CVF (L)	5,09 (0,60)	3,28-6,39	3,52 (0,53)	2,73-4,62	4,40 (0,97)	2,73-6,39
VEF ₁ (L)	4,13 (0,48)	3,16-5,52	3,05 (0,57)	2,31-4,95	3,65 (0,75)	2,31-5,52
FEM (L/s)	8,57 (1,40)	5,2-11,3	5,87 (1,29)	3,01-9,06	7,38 (1,90)	3,01-11,3
VEF ₁ /CVF	0,81 (0,05)	0,70-0,96	0,87 (0,20)	0,73-1,81	0,84 (0,14)	0,70-1,81

CVF: capacidad vital forzada, VEF₁: volumen espiratorio forzado en el primer segundo, FEM: flujo espiratorio máximo, VEF₁/CVF: Cociente entre volumen espiratorio forzado en el primer segundo y la capacidad vital forzada.

Tabla II. Resultado de la aplicación de la prueba de Shapiro-Wilk en las variables en estudio

Variable	Z score	valor p
Edad (años)	5,911	0,000
Peso (kg)	-4,794	1,00
Talla (cm)	3,267	0,000
Diámetro anteroposterior (cm)	-0,007	0,502
Diámetro transversal (cm)	3,633	0,000
Altura de tórax (cm)	0,601	0,273
Perímetro de tórax (cm)	-0,021	0,508
Altura de tronco (cm)	3,631	0,000
CVF (L)	1,311	0,094
VEF ₁ (L)	1,780	0,037
FEM (L/s)	0,188	0,425
VEF ₁ /CVF	7,192	0,000
Edad (años)	-0,020	0,507
Peso (kg)	-0,093	0,536

CVF: capacidad vital forzada, VEF₁: volumen espiratorio forzado en el primer segundo, FEM: flujo espiratorio máximo, VEF₁/CVF: Cociente entre volumen espiratorio forzado en el primer segundo y la capacidad vital forzada.

Tabla III. Asociación lineal (coeficiente r Pearson y valor p) entre los índices espirométricos, variables demográficas y las dimensiones del tórax.

	CVF (L)	VEF ₁ (L)	FEM (L/s)	VEF ₁ /CVF
Edad (años)	0.0085	0.0226	0.1799	0.0238
Peso (kg)	0.9492	0.8652	0.1729	0.8580
Talla (m)	0.6926	0.6603	0.5454	-0.1546
Diámetro anteroposterior (cm)	0.0000	0.0000	0.0000	0.2422
Diámetro transversal (cm)	0.8450	0.8408	0.6332	-0.0895
Altura de tórax (cm)	0.0000	0.0000	0.0000	0.5000
Perímetro de tórax (cm)	0.5378	0.5146	0.5390	-0.1088
Altura de tronco (cm)	0.0000	0.0000	0.0000	0.4119
CVF (L)	0.6310	0.6505	0.5944	-0.0484
VEF ₁ (L)	0.0000	0.0000	0.0000	0.7161
FEM (L/s)	0.3412	0.2140	0.2076	-0.2629
VEF ₁ /CVF	0.0082	0.1036	0.1146	0.0442
Edad (años)	0.6857	0.6312	0.5671	-0.1639
Peso (kg)	0.0000	0.0000	0.0000	0.2148
Talla (m)	0.7898	0.8047	0.5903	-0.0540
Diámetro anteroposterior (cm)	0.0000	0.0000	0.0000	0.6848

CVF: capacidad vital forzada, VEF₁: volumen espiratorio forzado en el primer segundo, FEM: flujo espiratorio máximo, VEF₁/CVF: Cociente entre volumen espiratorio forzado en el primer segundo y la capacidad vital forzada.

Tabla IV. Resultado del modelo de regresión múltiple para las variables espirométricas en función de las mediciones antropométricas.

		β coeficiente	error estándar	valor P	Intervalo Confianza 95%	R ²
CVF	Sexo	0.750	0.215	0.001	[0.318 ; 1.182]	0.74
	Altura tronco	0.093	0.027	0.001	[0.038 ; 0.147]	
	Perímetro tórax	0.018	0.007	0.009	[0.004 ; 0.032]	
VEF ₁	Perímetro tórax	0.015	0.005	0.007	[0.004 ; 0.027]	0.68
	Altura tronco	0.131	0.018	0.000	[0.095 ; 0.168]	
FEM	Edad	0.094	0.050	0.068	[-0.007 ; 0.196]	0.54
	Sexo	2.19	0.436	0.000	[1.32 ; 3.07]	
	Diámetro transversal tórax	0.101	0.054	0.067	[-0.007 ; 0.210]	
VEF ₁ /CVF	Altura de tórax	-0.009	0.004	0.047	[-0.01 ; -0.001]	0.10
	Sexo	-0.121	0.054	0.030	[-0.23 ; -0.12]	
	Altura de tronco L5/S1	0.0131	0.007	0.080	[-0.01 ; 0.27]	

CVF: capacidad vital forzada, VEF₁: volumen espiratorio forzado en el primer segundo, FEM: flujo espiratorio máximo, VEF₁/CVF: Cociente entre volumen espiratorio forzado en el primer segundo y la capacidad vital forzada.

$$CVF_{hombre} = -2,359 + 0,115 \times \text{altura de tronco} + 0,017 \times \text{perimetro de torax} + e$$

$$CVF_{mujer} = -2,108 + 0,075 \times \text{altura de tronco} + 0,027 \times \text{perimetro de torax} + e$$

$$VEF_{1hombre} = -3,361 + 0,012 \times \text{perimetro de torax} + 0,125 \times \text{altura de tronco} + e$$

$$VEF_{1mujer} = -2,768 + 0,013 \times \text{perimetro de torax} + 0,106 \times \text{altura de tronco} + e$$

$$FEM_{hombre} = -0,681 + 0,296 \times \text{edad} + 0,069 \times \text{diametro transversal} + e$$

$$FEM_{mujer} = 1,949 + 0,041 \times \text{edad} + 0,102 \times \text{diametro transversal} + e$$

$$VEF_1/CVF_{hombre} = 0,555 - 0,002 \times \text{altura torax} + 0,06 \times \text{altura tronco} + e$$

$$VEF_1/CVF_{mujer} = 0,990 - 0,023 \times \text{altura torax} + 0,012 \times \text{altura tronco} + e$$

Tabla V. Regresión diagnóstica. Rango y valor p de las pruebas de normalidad y heterocedasticidad de los residuos estandarizados.

Variable	Rango [máximo; mínimo]	p-value test de normalidad	p-value test de heterocedasticidad
CVF	[-3.36 ; 1.86]	0.063	0.000
VEF ₁	[-1.87 ; 3.41]	0.166	0.021
FEM	[-2.95 ; 2.30]	0.716	0.049
VEF ₁ /CVF	[0.74 ; 0.98]	0.105	0.000

CVF: capacidad vital forzada, VEF₁: volumen espiratorio forzado en el primer segundo, FEM: flujo espiratorio máximo, VEF₁/CVF: Cociente entre volumen espiratorio forzado en el primer segundo y la capacidad vital forzada.

DISCUSIÓN

Los resultados muestran que la CVF y el VEF₁ tienen asociación lineal directa con el diámetro transversal de tórax, altura de tórax, perímetro de tórax y altura de tronco (Tabla III). Esta asociación permitió ajustar una ecuación de regresión lineal múltiple que indicó que es posible estimar la CVF y el VEF₁ en función de la altura de tronco y el perímetro de tórax para ambos sexos. Estas variables son capaces de explicar el 74 % de los valores de

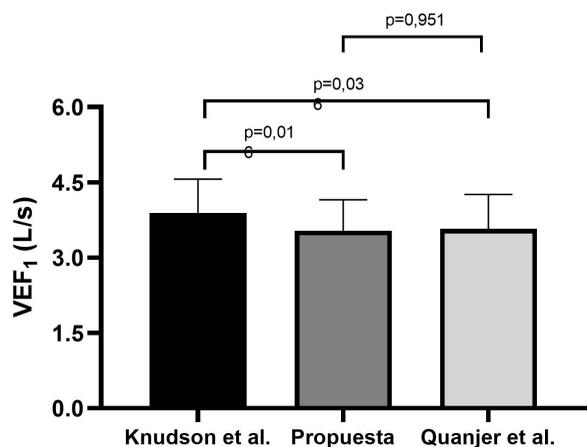
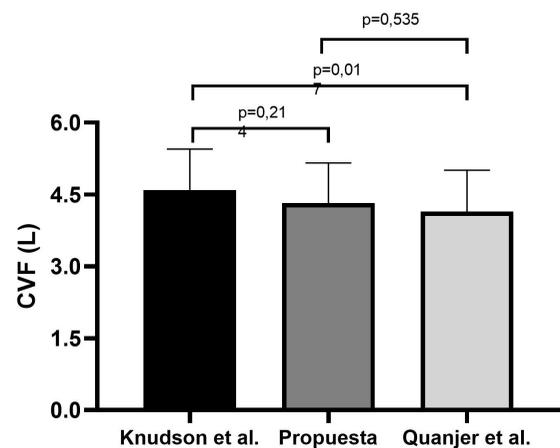


Fig. 1. Promedio y desviación estándar de los valores estimados de CVF y el VEF₁ obtenidos con las ecuaciones de Knudson *et al.*, Quanjer *et al.*, y las ecuaciones propuestas en este estudio.

CVF y el 68 % de los valores de VEF_1 . Es importante destacar que, al reemplazar la altura de tronco por la estatura en bípedo en el modelo de regresión, se obtienen coeficientes de determinación ligeramente superiores. Por lo tanto, el uso de la altura de tronco en vez de la estatura bípeda resulta en una ligera pérdida de la variabilidad explicada de la CVF y el VEF_1 , lo que sugiere que la altura de tronco es un buen estimador de ambos índices espirométricos (Tabla IV). El resultado de la regresión diagnóstica mostró que, si bien los residuos presentan distribución normal, existe una amplia variabilidad de los residuos estimados (Tabla V). Además, al comparar los valores obtenidos por nuestras ecuaciones predictivas con los resultados obtenidos por las ecuaciones de Knudson *et al.* (1983), y Quanjer *et al.* (2012), observamos que nuestros resultados son similares a los valores de referencia de Quanjer *et al.* (2012) (Fig. 1).

Ahora bien, Kivastik & Kingisepp (1997) concluyeron que sujetos con la misma estatura tienen diferencias en los valores de espirometría (CVF y FEM). Según estos autores los resultados espirométricos estarían influenciados por las dimensiones del tórax. Nuestros resultados coinciden en ese aspecto, e indican que en la muestra estudiada es posible utilizar la altura de tronco como sustituto de la estatura en bípedo. Lo anterior sería de utilidad en aquellos sujetos que es complejo obtener la estatura corporal, la cual es utilizada para obtener los valores predictivos de normalidad. Un ejemplo de esto son usuarios de silla de ruedas o incapaces de lograr la bipedestación. En la literatura existen estudios que han investigado la relación entre dimensiones torácicas o del tronco con valores de función pulmonar en sujetos sanos y con alguna patología. El grupo de Torres *et al.* (2017) describió correlaciones de buenas a excelentes entre diámetro y perímetro de tórax con valores de capacidad inspiratoria y capacidad pulmonar total en nadadores universitarios. Una de las diferencias importantes entre este estudio y el nuestro es que las variables de función pulmonar evaluadas fueron distintas. En nuestra investigación optamos por medir CVF y VEF_1 por la importancia de esos indicadores en el diagnóstico de diversas patologías pulmonares. Muñoz & del Sol (2018) encontraron que el diámetro transversal de tórax y perímetro mesoesternal son predictores del FEM en estudiantes universitarios sedentarios. Esos resultados concuerdan con los observados en nuestra investigación ya que tanto el diámetro transversal como el perímetro de tórax mostraron asociación lineal con el FEM (Tabla III). Feng *et al.* (2012) describen que la relación entre perímetro de cintura y perímetro de tórax determinan la función pulmonar en adolescentes y niños chinos. Otros estudios han investigado la relación entre dimensiones del tórax y valores de espirometría en sujetos con alguna enfermedad, por ejem-

plo, escoliosis (Stokes *et al.*, 1998; Glotzbecker *et al.*, 2014) o en pacientes con fibrosis quística. Whittaker *et al.* (2005) estudiaron si las dimensiones del tórax determinan la función pulmonar en niños sanos (6 a 11 años) de distintas etnias dentro de una misma comunidad. A diferencia de nuestros resultados, estos autores describen que la altura de tórax es un buen predictor del flujo espiratorio máximo. Una posible explicación a esta diferencia es la mayor edad de la muestra en nuestro estudio, ya que la caja torácica sufre cambios morfológicos importantes desde la niñez hasta la edad adulta. Según Weaver *et al.* (2014a,b), además del incremento la altura del tórax, se observa una disminución en la cifosis dorsal y una rotación inferior de las costillas en el plano sagital respecto a la disposición de la columna vertebral. El manubrio esternal y la porción distal del cuerpo esternal se ensanchan hacia la adultez. Adicionalmente, el tórax superior aumenta el diámetro lateral respecto al tórax inferior, modificando la forma piramidal de la caja torácica infantil hacia una estructura con forma de barril en el adulto (Bastir *et al.*, 2013). En resumen, en el sujeto adulto el mayor volumen torácico está asociado a cambios en las tres dimensiones de la caja torácica. El grupo de Neve *et al.* (2002) describieron que estas modificaciones en la morfología del tórax se correlacionan con cambios en los volúmenes pulmonares. Considerando que la CVF es el volumen total que se puede expulsar posterior a una inhalación máxima y que el VEF_1 es el volumen que se puede expulsar forzosamente en el primer segundo de la maniobra, sería posible inferir que un mayor volumen torácico se verá reflejado en una mejor función pulmonar, lo que explicaría nuestros resultados.

Existe otro grupo de sujetos en los que podría ser de utilidad sustituir la estatura por antropometría de tronco. Recientemente se ha descrito que algunos deportistas de elite tienen valores más altos de función pulmonar respecto a la población general. Este fenómeno se observa fundamentalmente en deportes de larga duración que exigen el uso de la musculatura del tórax, por ejemplo, el remo y la natación (Lazovic *et al.*, 2015; Durmic *et al.*, 2015). En deportistas de elite el incremento en el tamaño del tórax puede obedecer a fenómenos de adaptación fisiológica como consecuencia del entrenamiento lo que a su vez se asocia a mayores volúmenes pulmonares. Mazic *et al.* (2015) compararon valores de espirometría obtenidos en deportistas de elite con sujetos sedentarios. Sus resultados demuestran que la estatura no siempre es buen predictor de la función pulmonar en atletas, sugiriendo que otras variables antropométricas pueden explicar de mejor manera los valores de espirometría observados en deportistas de alto rendimiento. Dentro de estas mediciones antropométricas se podría considerar el perímetro de tórax y altura de tronco.

Dentro de las limitaciones del estudio se encuentra lo acotado de la muestra. Además, el estrecho rango etario de los sujetos evaluados no permite extrapolar los resultados a personas con edades distintas a la muestra. En esta investigación se analizaron indicadores espirométricos utilizados comúnmente en el diagnóstico y control de enfermedades respiratorias (VEF₁ y CVF), sin embargo, sería de gran interés evaluar a futuro otros resultados como la capacidad inspiratoria.

En conclusión, los resultados muestran que la CVF y el VEF₁ tienen asociación lineal directa con el diámetro transversal de tórax, altura de tórax, perímetro de tórax y altura de tronco. A partir de esos resultados se ajustó una ecuación de regresión lineal múltiple que indicó que es posible estimar la CVF y el VEF₁ en función de la altura de tronco y el perímetro de tórax. Por último, los valores obtenidos por nuestras ecuaciones predictivas son más cercanas a las estimaciones de Quanjer *et al.* (2012), en comparación a las estimaciones de Knudson *et al.* (1983). Futuros estudios podrían comprobar si nuestros resultados son de utilidad para determinar valores de referencia en aquellos pacientes que no pueden alcanzar la bipedestación.

MANRÍQUEZ, V. P.; TUESTA, M.; REYES, P. A. & NÚÑEZ, B. C. Association between anthropometric dimensions of trunk and spirometry indices. *Int. J. Morphol.*, 41(2):437-444, 2023.

SUMMARY: The purposes of the present study were first to evaluate the association between anthropometric dimensions of the thorax and trunk with spirometric indices, second, to fit a prediction equation with anthropometric dimensions of the trunk, and third, to compare our predictive model with two diagnostic equations. Fifty-nine university students between 20 and 40 years old, of both sexes and non-smokers were recruited. Variables considered were age, sex, weight, height, chest transverse diameter, chest anteroposterior diameter, chest perimeter, chest height, trunk height, maximum expiratory flow (PEF), forced expiratory volume in the first second (FEV₁) and forced vital capacity (FVC). Multiple regression analysis was used to estimate spirometric values based on demographic and anthropometric variables. FVC and FEV₁ have a direct linear association with chest transverse diameter, chest height, chest circumference, and trunk height. A multiple linear regression equation was fitted, indicating that it is possible to estimate FVC and FEV₁ as a function of trunk height and chest girth for both sexes. These variables can explain 74% of the FVC values and 68% of the FEV₁ values. Comparing the values obtained by our predictive equations with the national reference equations, we observe that our results are closer to those of Quanjer *et al.* (2012) than to those of Knudson *et al.* (1983). Trunk height and chest circumference have a direct association with FEV₁ and FVC and are good predictors of FEV₁ and FVC in university students. Our estimated values are closer to Quanjer *et al.* (2012) than Knudson *et al.* (1983) prediction equations.

KEY WORDS: Spirometry; Anthropometry; Forced Vital Capacity; Forced Expiratory Volume.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bastir, M.; García Martínez, D.; Recheis, W.; Barash, A.; Coquerelle, M.; Rios, L.; Peña-Melián, A.; García Río, F. & O'Higgins P. Differential growth and development of the upper and lower human thorax. *PLoS One*, 8(9):e75128, 2013.
- Bogin, B. & Varela-Silva, M. I. Leg length, body proportion.; and health: a review with a note on beauty. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 7(3):1047-7, 2010.
- Dattalo, P. & Tripodi, T. (Eds.). *Determining Sample Size: Balancing Power, Precision and Practicality*. New York, Oxford University Press, 2008.
- Durmic, T.; Lazovic, B.; Djelic, M.; Lazic, J. S.; Zikic, D.; Zugic, V.; Dekleva, M. & Mazic, S. Sport-specific influences on respiratory patterns in elite athletes. *J. Bras. Pneumol.*, 41(6):516-22, 2015.
- Feng, K.; Chen, L.; Han, S. M. & Zhu, G. J. Ratio of waist circumference to chest circumference is inversely associated with lung function in Chinese children and adolescents. *Respirology*, 17(7):1114-8, 2012.
- García-Río, F.; Calle, M.; Burgos, F.; Casan, P.; del Campo, F.; Galdiz, J.; Giner, J.; González-Mangado, N.; Ortega, F. & Puente Maestu, L. Espirometría. Normativa SEPAR. *Arch. Bronconeumol.*, 49(9):388-401, 2013.
- Glottzbecker, M.; Johnston, C.; Miller, P.; Smith, J.; Perez-Grueso, F. S.; Woon, R.; Flynn, J.; Gold, M.; Garg, S.; Redding, G.; *et al.* Is there a relationship between thoracic dimensions and pulmonary function in early-onset scoliosis? *Spine*, 39(19):1590-5, 2014.
- Gutiérrez, C. M.; Beroiza, W. T.; Borzone, T. G.; Caviedes, S. I.; Céspedes, G. J.; Gutiérrez, N. M.; Moreno, B. R.; Oyarzún, G. M.; Palacios, M. S.; & Schonfeldt, G. P. Espirometría: Manual de procedimientos. SERChile. *Rev. Chil. Enf. Respir.*, 23(1):31-42, 2007.
- Guzmán, C.; Reinoza, G. & Hernandez, R. A. Estimación de la estatura a partir de la longitud de pierna medida con cinta métrica. *Nutr. Hosp.*, 20(5):358-63, 2005.
- International Society for Advancement of Kinanthropometry. *International Standards for Anthropometric Assessment*. Potchefstroom, The International Society for the Advancement of Kinanthropometry, 2001.
- Kivastik, J. & Kingisepp, P. H. Differences in lung function and chest dimensions in school-age girls and boys. *Clin. Physiol.*, 17(2):149-57, 1997.
- Knudson, R. J.; Lebowitz, M. D.; Holberg, C. J. & Burrows, B. Changes in the normal maximal expiratory flow-volume curve with growth and aging. *Am. Rev. Respir. Dis.*, 127(6):725-34, 1983.
- Lazovic, B.; Mazic, S.; Suzic-Lazic, J.; Djelic, M.; Djordjevic-Saranovic, S.; Durmic, T.; Zikic, D. & Zugic, V. Respiratory adaptations in different types of sport. *Eur. Rev. Med. Pharmacol. Sci.*, 19(12):2269-74, 2015.
- Li, L.; Dangour, A. D. & Power, C. Early life influences on adult leg and trunk length in the 1958 British birth cohort. *Am. J. Hum. Biol.*, 19(6):836-43, 2007.
- Mazic, S.; Lazovic, B.; Djelic, M.; Suzic-Lazic, J.; Djordjevic-Saranovic, S.; Durmic, T.; Soldatovic, I.; Zikic, D.; Gluvic, Z. & Zugic, V. Respiratory parameters in elite athletes--does sport have an influence? *Rev. Port. Pneumol.*, 21(4):192-7, 2015.
- Miller, M. R.; Hankinson, J.; Brusasco, V.; Burgos, F.; Casaburi, R.; Coates, A.; Crapo, R.; Enright, P.; van der Grinten, C.P.M.; Gustafsson, P.; *et al.* Standardisation of spirometry. *Eur. Respir. J.*, 26(2):319-38, 2005.
- Muñoz, C. R. & del Sol, M. Proposal of predictive equations of inspiratory capacity and maximum spiratory flow considering thoracic measurements: a pilot study. *Int. J. Morphol.*, 36(1):333-7, 2018.
- Neve, V.; Girard, F.; Flahault, A. & Boulé, M. Lung and thorax development during adolescence: relationship with pubertal status. *Eur. Respir. J.*, 20(5):1292-8, 2002.
- Quanjer, P. H.; Stanojevic, S.; Cole, T.; Baur, X.; Hall, G.; Culver, B.; Enright, P.; Hankinson, J.; Ip, M. S. M.; Zheng, J.; *et al.* Multi-ethnic reference values for spirometry for the 3-95-yr age range: the global lung function 2012 equations. *Eur. Respir. J.*, 40(6):1324-43, 2012.

- Stokes, D. C.; Pyeritz, R. E.; Wise, R. A.; Fairclough, D. & Murphy, E. A. Spirometry and chest wall dimensions in achondroplasia. *Chest*, 93(2):364-9, 1988.
- Torres, S. C.; Parada, A. R.; Medina, G. P.; Escobar, C. M.; Escobar, I. J. & Muñoz, C. R. Toracic morphometry in the swimmer and its relation to the pulmonary function. *Int. J. Morphol.*, 35(3):845-51, 2017.
- Weaver, A. A.; Schoell, S. L. & Stitzel, J. D. Morphometric analysis of variation in the ribs with age and sex. *J. Anat.*, 225(2):246-61, 2014.
- Weaver, A. A.; Schoell, S. L.; Nguyen, C. M.; Lynch, S. K. & Stitzel, J. D. Morphometric analysis of variation in the sternum with sex and age. *J. Morphol.*, 275(11):1284-99, 2014.
- Whittaker, A. L.; Sutton, A. J. & Beardsmore, C. S. Are ethnic differences in lung function explained by chest size? *Arch. Dis. Child Fetal Neonatal Ed.*, 90(5):F423-F428, 2005.

Dirección para correspondencia:
Álvaro Reyes Ponce
Exercise and Rehabilitation Sciences Institute
School of Physical Therapy
Faculty of Rehabilitation Sciences
Universidad Andrés Bello
Quillota #980
Viña del Mar
CHILE

E-mail: alvaro.reyes@unab.cl