

# Morfometría Torácica de Nadadores y su Relación con la Función Pulmonar

Toracic Morphometry in the Swimmer and Its Relation to the Pulmonary Function

Claudio Torres Santibáñez<sup>1</sup>; Rodrigo Parada Alarcón<sup>1</sup>; Paul Medina González<sup>2</sup>;  
Máximo Escobar Cabello<sup>2</sup>; Javiera Escobar Inostroza<sup>3</sup> & Rodrigo Muñoz Cofré<sup>4</sup>

---

TORRES, S. C.; PARADA, A. R.; MEDINA, G. P.; ESCOBAR, C. M.; ESCOBAR, I. J. & MUÑOZ, C. R. Morfometría torácica de nadadores y su relación con la función pulmonar. *Int. J. Morphol.*, 35(3):845-851, 2017.

**RESUMEN:** El objetivo del siguiente estudio fue determinar las dimensiones del tórax y su relación con la función ventilatoria en un grupo de nadadores correspondientes a la selección de natación de la Universidad Católica del Maule. Se evaluaron 42 sujetos de sexo masculino entre 18 y 26 años, 18 seleccionados de natación y 24 estudiantes sedentarios, todos de la Universidad Católica del Maule. Se les realizó antropometría corporal básica (peso y talla corporal) y específica de tórax, diámetro antero-posterior (DAT) y transversal (DTT) de tórax y perímetro mesoesternal (PME). Posterior a esto, se evaluó la función ventilatoria a través de pletismografía corporal. Para el análisis estadístico se determinó la normalidad de los datos posteriormente se utilizó t de student o U de Mann-Whitney y Pearson o Spearman según correspondiera, para establecer significancia estadística o correlación, respectivamente. Se consideró un nivel de significancia estadística de  $p < 0,05$ . Se observó un aumento significativo del índice de masa corporal (IMC), mayores dimensiones de tórax en nadadores, DAT a capacidad pulmonar total (CPT) y PME a CPT y volumen residual (VR). En función ventilatoria existió un aumento significativo de presión espiratoria máxima (PEM), presión inspiratoria máxima (PIM), capacidad inspiratoria (CI) y CPT. También se observaron correlaciones de buenas a excelentes entre diámetro y perímetro de tórax con CI y CPT en los nadadores. Por tanto, se concluye que existió una relación entre la antropometría de tórax y la función ventilatoria en nadadores de la Universidad Católica del Maule.

**PALABRAS CLAVES:** Antropometría de tórax; Función pulmonar; Natación.

---

## INTRODUCCIÓN

Cuando el ser humano es sometido a factores extremos, como la realización de un deporte de alto rendimiento, se producen cambios dando como resultado procesos adaptativos destinados a restablecer y compensar desórdenes funcionales en nuestro cuerpo, con el fin de mantener la actividad vital (Kirilina *et al.*, 2006). En este contexto, Wilmore & Costill (2004) propusieron que durante una serie de ejercicios, el organismo tiene la habilidad de adaptar su funcionamiento cardiovascular y respiratorio a fin de satisfacer adecuadamente el aumento de las demandas de los músculos activos.

Dentro de los efectos fisiológicos producidos por el entrenamiento deportivo, López & Fernández (1998) describieron la diferencia entre dos términos que se tienden a confundir: respuesta y adaptaciones al ejercicio. Las res-

puestas son todas las modificaciones agudas e inmediatas que experimentan los sistemas fisiológicos ante un estímulo. En cambio, las adaptaciones son aquellas que aparecen a largo plazo, que tardan más tiempo en desaparecer y pueden incluso manifestarse en reposo, modificando tanto la estructura como la función, capacitando al organismo para responder de forma más fácil a los estímulos (Lamb, 1989).

Entre las distintas adaptaciones a las que se ven sometidos los deportistas, una importante es la producida en el sistema ventilatorio. Esto cobra importancia, pues diversos estudios han coincidido en que éste puede afectar el desempeño del ejercicio en seres humanos sanos altamente entrenados (Courteix *et al.*, 1997; Vaithyanadane *et al.*, 2012). En este contexto, los nadadores han presentado grandes modificaciones morfo-fisiológicas, sobre todo a nivel

<sup>1</sup> Hospital Clínico Herminda Martín, Chillán, Chile.

<sup>2</sup> Departamento de Kinesiología, Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad Católica del Maule, Talca, Chile.

<sup>3</sup> Programa de Magíster en Kinesiología, Universidad Católica del Maule, Talca, Chile.

<sup>4</sup> Programa de Doctorado en Ciencias Morfológicas, Universidad de La Frontera, Temuco, Chile.

ventilatorio, donde se han reportado resultados sobre la norma en pruebas de función ventilatoria (Carlile, 1967; Mickleborough *et al.*, 2008; Aspenes & Karlsen, 2012). Por esta razón algunos investigadores se han dedicado a describir el perfil antropométrico de los nadadores, enfatizando en medidas que pudiesen ser traductoras de buenos resultados deportivos o posibles indicadores a edades tempranas (Moreno *et al.*, 1996; Bajo & Mangeaud, 2010). Sin embargo, las características antropométricas de nadadores pueden variar hasta dentro de un mismo estilo, dependiendo del nivel deportivo en que se encuentre cada sujeto (Luengo *et al.*, 2001).

Asociado a esto, los resultados obtenidos en pruebas de función ventilatoria en nadadores suponen una relación con las características antropométricas específicas de las que cada uno de estos es beneficiado según el estilo y especialidad que practique ( Armour *et al.*, 1993). Esto aún no se ha corroborado, pues no deja de ser más allá de una suposición y los estudios que han entregado información al respecto, precisamente no han enfocado sus objetivos en ello. A raíz de lo expuesto, surge la necesidad de conocer el comportamiento de dichas variables en nadadores y establecer con claridad si realmente existe relación entre valores de función ventilatoria y las características antropométricas en estos deportistas. Estudios previos incluso han demostrado que la natación produce el máximo efecto en los pulmones en comparación con cualquier otro deporte (Kate *et al.*, 2012) modificando tanto los volúmenes, presiones y flujos ventilatorios. Kilding *et al.*, (2010) atribuyeron estas adaptaciones a la natación competitiva, la cual requiere un patrón ventilatorio y velocidades de flujo más altos que ejercicios terrestres, esto es complementando por estudios previos que mencionan que la natación tiene un impacto sobre la musculatura ventilatoria producto de poseer un ciclo inspiratorio reducido (Town & Vanness, 1990) y expandir el tórax contra la presión adicional que ejerce la inmersión en agua (Hong *et al.*, 1969).

Es por esto que a través de la siguiente investigación se buscó establecer los diámetros y perímetros de tórax y su relación con la función ventilatoria en un grupo de deportistas correspondientes a la selección de natación de la Universidad Católica del Maule.

## MATERIAL Y MÉTODO

**Sujetos:** Correspondieron a 18 seleccionados de natación y 24 estudiantes entre 18 y 26 años todos de la Universidad Católica del Maule. Los criterios de exclusión fueron; presentar enfermedad respiratoria crónica o aguda al momento

de la evaluación, tener hábito tabáquico y evidenciar deformidades en la caja torácica. Las mediciones se realizaron previa lectura y firma del consentimiento informado. Por último este estudio fue aprobado por el Comité de Ética Científica de la Universidad Católica del Maule, Talca, Chile.

**Diámetros torácicos:** El evaluado debió estar de pie, dorso descubierto y miembros superiores en posición de descanso. Se utilizó para esta medición un antropómetro mayor (Campbell RC-20, Rosscraft®S.R.L.) y un lápiz dermatográfico. Se realizó una marca en el cuarto espacio intercostal por ambos planos sagitales a nivel del esternón. Para el diámetro transversal (DTT) las ramas del antropómetro se ubicaron en las marcas sagitales en una posición de 30° bajo la horizontal para evitar deslizamientos sobre las costillas. En el diámetro antero-posterior (DAT), las ramas del antropómetro se posicionaron por anterior sobre el punto mesoesternal (prolongación de la marca sagital) y por posterior en el proceso espinoso que se encuentra a nivel con el punto anterior. Ambas mediciones se realizaron a capacidad pulmonar total (CPT) y volumen residual (VR) (I.S.A.K., 2001).

**Perímetro mesoesternal (PME):** El evaluado debió estar de pie, dorso descubierto y miembros superiores en posición de descanso, se utilizó una cinta ergonómica (SECA® 201) para las mediciones. Se determinó como punto de referencia la marca mesoesternal, se posicionó la cinta en contacto total con la superficie de la piel sobre el contorno del tronco. Se realizó la medición a CPT y VR (I.S.A.K., 2001).

**Evaluación de la función pulmonar:** En todas las pruebas se midió según la normativa de la American Society Thorax (ATS). Una vez registrada la edad, talla (SECA®220) y peso corporal (SECA® 840), el sujeto debió permanecer sentado y relajado al menos unos 10 minutos previos a la evaluación. Las pruebas se realizaron en un pletismógrafo corporal (Mediagraphics Modelo PlatinumElite DL®).

**Capacidad vital forzada (CVF):** De manera breve, el sujeto ventiló a volumen corriente por cinco ciclos respiratorios a través del neumotacógrafo y se le indicó que realizara una maniobra inspiratoria máxima y posteriormente una espiración máxima forzada. Se seleccionó la mejor prueba de un mínimo de tres maniobras aceptables y reproducibles (ATS, 2005).

**Medición de la presión inspiratoria y espiratoria máxima (PIM-PEM):** En el caso de la PIM el evaluado se colocó las pinzas nasales, ventiló a volumen corriente por cinco ciclos respiratorios a través de la boquilla y se le indicó realizar una espiración máxima, se bloqueó el neumotacógrafo y se solicitó una inspiración máxima contra la válvula ce-

rrada. Para la PEM, los instrumentos se ubicaron en la misma posición, posteriormente el sujeto ventiló a volumen corriente por cinco ciclos respiratorios a través de la boquilla y se le indicó 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 vigente (ATS/ERS, 2002).

**Volúmenes pulmonares:** Se ajustó la boquilla a la altura del paciente, el evaluado debió asegurar que su boca estuviera adosada a esta durante la prueba para evitar fugas de aire, para esto sus manos debieron bloquear la musculatura facial durante la evaluación. Posteriormente, se cerró la cabina y se le indicó realizar cuatro ventilaciones a volumen corriente. Se instruyó al sujeto “jadear suavemente” intentando mover volúmenes de entre 50 a 60 mL. 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 VR (Compte *et al.*, 2002).

**Estadística:** Para el análisis de los resultados, se utilizaron las aplicaciones informáticas Microsoft Office Excel 2010 para tabular los datos y GraphPad Prism 5<sup>®</sup> para el análisis estadístico, los datos fueron presentados en Media y Desviación Estándar. La estadística se inició determinando la normalidad de los datos a través de la prueba Shapiro-Wilks. Dependiendo de la normalidad o no en la distribución de los datos se utilizó t de Student o U de Mann-Whitney, respectivamente. Las correlaciones, se determinaron a través del

Coefficiente de Pearson o Spearman, dependiendo de la normalidad de los datos. Por último, se consideró un nivel de significancia de  $p < 0,05$ .

## RESULTADOS

**Características antropométricas de la muestra:** El grupo estuvo compuesto por 42 individuos, 24 sujetos del grupo control (21,37±1,27 años) y 18 seleccionados de natación (20,94±1,66 años). En la Tabla I se observa el comportamiento antropométrico de los participantes, destaca el aumento significativo del peso (77,93±7,69 kg,  $p < 0,040$ ), IMC (25,83±2,51 kg/m<sup>2</sup>,  $p < 0,0006$ ), DTT a CPT (33,56±1,96 cm,  $p < 0,032$ ) y PME a CPT (103,16±5,80 cm,  $p < 0,003$ ) y VR (96,99±6,85 cm,  $p < 0,031$ ) de nadadores versus el grupo control.

**Pruebas de función ventilatoria:** Se observó un aumento significativo de la capacidad inspiratoria vital forzada (5,32±0,74 L,  $p = 0,025$ ), PEM (194±51,03 cmH<sub>2</sub>O,  $p < 0,0001$ ), PIM (-169,83±30,46 cmH<sub>2</sub>O,  $p < 0,0001$ ), CI (4,07±0,84 L,  $p < 0,012$ ) y CPT (7,79±1,18 L,  $p < 0,037$ ) de los nadadores sobre el grupo control (Tabla II).

**Correlación entre diámetros de tórax y valores de función ventilatoria:** En los seleccionados de natación se observó una buena correlación y significativa entre DAT y PIM ( $r = 0,424$ ,  $p < 0,004$ ) y CI ( $r = 0,512$ ,  $p < 0,020$ ) a CPT y una excelente correlación entre DAT y PIM a VR ( $r = 0,756$ ,  $p = 0,0003$ ) (Tabla III).

Tabla I. Características antropométricas en nadadores y sedentarios de la Universidad Católica del Maule, Talca, Chile.

	Control (24)	Nadadores (18)	Valor <i>p</i>
Edad (años)	21,37±1,27	20,94±1,66	0,707
Peso (kg)	72,04 ± 9,67	77,93 ± 7,69	0,040*
Talla (m)	1,75± 0,08	1,73 ± 0,07	0,409
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	23,5 ± 1,52	25,83 ± 2,51	0,0006***
Talla Sentado (cm)	91,94 ± 3,65	90,38 ± 3,65	0,179
Diámetro Tórax Transverso CPT (cm)	32,23 ± 1,90	33,56 ± 1,96	0,032*
Diámetro Tórax Transverso VR (cm)	29,28 ± 1,45	30,34 ± 2,28	0,096
Diámetro Antero-posterior CPT (cm)	21,35 ± 1,66	22,46 ± 1,99	0,057
Diámetro Antero-posterior VR (cm)	18,68 ± 1,68	19,18 ± 1,73	0,336
Perímetro Mesoesternal CPT (cm)	97,29 ± 4,30	103,16 ± 5,80	0,003**
Perímetro Mesoesternal VR (cm)	92,36 ± 5,93	96,99 ± 6,85	0,031*

kg: kilogramos; m: metros; kg/m<sup>2</sup>: kilogramo partido por metros al cuadrado; cm: centímetros; CPT: capacidad pulmonar total; VR: volumen residual. Valor *p* indica si existe o no diferencia significativa \*:  $p < 0,05$ , \*\*:  $p < 0,01$ , \*\*\*:  $p < 0,001$ .

Tabla II. Descripción de las pruebas de función ventilatoria en nadadores y sedentarios de la Universidad Católica del Maule, Talca, Chile.

Variable	Control (24)	Nadadores (18)	Valor p
CVF (L)	5,43±0,7	5,76 ± 0,8	0,167
VEF <sub>1</sub> (L)	4,64 ± 0,6	4,86 ± 0,71	0,299
VEF <sub>1</sub> /CVF (%)	85,75± 5,35	84,39 ± 4,63	0,393
FEF <sub>25</sub> (L/s)	8,79 ± 1,23	9,29± 1,52	0,240
FEF <sub>75</sub> (L/s)	2,88 ± 1,18	2,71 ± 0,75	0,722
FEF <sub>25-75</sub> (L/s)	4,93 ± 1,12	5,12 ± 1,18	0,525
FEF máx (L/s)	10,24 ± 1,37	10,84 ± 1,74	0,221
CVIF (L)	4,74 ± 0,84	5,32±0,74	0,025*
PEM (cmH <sub>2</sub> O)	130,58 ± 33,71	194 ± 51,03	0,0001 ***
PIM (- cmH <sub>2</sub> O)	-127,13 ± 26	-169,83 ± 30,46	<0.0001 ***
CVL (L)	5,17 ± 0,9	5,81 ± 0,9	0,140
CI (L)	3,44 ± 0,69	4,07 ± 0,84	0,012*
VRE (L)	1,83 ± 0,54	1,75 ± 0,46	0,619
VR (L)	2,11 ± 0,57	1,98 ± 0,55	0,097
CPT (L)	7,17 ± 0,99	7,79 ± 1,18	0,037*
RAW (cmH <sub>2</sub> O/L/s)	0,85 ± 0,47	0,87 ± 0,36	0,936
GAW (L/s/cmH <sub>2</sub> O)	1,64 ± 1,04	1,43 ± 0,85	0,741
sRAW (cmH <sub>2</sub> O*s)	3,61 ± 1,81	3,8 ± 1,49	0,724
sGAW (1/cmH <sub>2</sub> O*s)	0,38 ± 0,24	0,32 ± 1,49	0,703

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; %: porcentaje; FEF<sub>25</sub>: flujo espiratorio forzado al 25 % de la capacidad vital forzada; FEF<sub>25-75</sub>: flujo espiratorio forzado entre el 25 y 75 % de la capacidad vital forzada; FEF<sub>75</sub>: flujo espiratorio forzado al 75 % de la capacidad vital forzada; FEF máx: flujo espiratorio forzado máximo; L/s: litros partidos por segundos; CVIF: capacidad vital inspiratoria forzada; L: litros; s: segundos; PIM: presión inspiratoria máxima; cmH<sub>2</sub>O: centímetros de agua; PEM: presión espiratoria máxima; CVL: capacidad vital lenta; CI: capacidad inspiratoria, VRE: volumen de reserva espiratoria; VR: volumen residual; CPT: capacidad pulmonar total; L: litros; 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 partido 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. Valor p indica si existe o no diferencia significativa \*: p < 0,05, \*\*\*: p < 0,001.

Tabla III. Correlación entre diámetros de tórax y valores de función ventilatoria en nadadores y sedentarios de la Universidad Católica del Maule, Talca, Chile.

	Control (24)				Nadadores (18)			
	Transverso CPT	Transverso VR	Antero-posterior CPT	Antero-posterior VR	Transverso CPT	Transverso VR	Antero-posterior CPT	Antero-posterior VR
‡PIM (- cmH <sub>2</sub> O)	r: 0,192‡ p: 0,368	0,339s 0,105	0,282‡ 0,180	0,391‡ 0,058	0,432‡ 0,072	0,424‡ 0,078	0,640‡ 0,004	0,756‡ 0,0003
‡PEM (cmH <sub>2</sub> O)	r: -0,131§ p: 0,539	-0,358‡ 0,085	-0,174§ 0,415	-0,224§ 0,290	0,134‡ 0,595	0,094‡ 0,708	0,228‡ 0,361	0,196‡ 0,434
‡CI (L)	r: 0,412‡ p: 0,045	0,381‡ 0,066	0,466‡ 0,021	0,472‡ 0,019	0,357‡ 0,145	0,360‡ 0,130	0,512‡ 0,020	0,389‡ 0,109

‡: Pearson; §: Spearman; PIM: presión inspiratoria máxima; cmH<sub>2</sub>O: centímetros de agua; PEM: presión espiratoria máxima; CI: capacidad inspiratoria, L: litros; CPT: capacidad pulmonar total; VR: volumen residual, r: relación, p: valor p.

**Correlación entre perímetros de tórax y valores de función ventilatoria:** se observó en los seleccionados de natación una buena relación entre PME y PIM a CPT (r=0,709,

p<0,001) y VR (r=0,749, p< 0,0003), PME y CI (r=0,592, p<0,009) a CPT (Tabla IV).

Tabla IV. Correlación entre perímetros de tórax y valores de función ventilatoria en nadadores y sedentarios de la Universidad Católica del Maule, Talca, Chile.

		Control (24)		Nadado (18)	
		CPT	VR	CPT	VR
PIM (- cmH <sub>2</sub> O)	r:	0,146‡	0,350‡	0,709‡	0,749‡
	p:	0,494	0,093	0,001	0,0003
PEM (cmH <sub>2</sub> O)	r:	-0,265§	-0,201‡	0,379‡	0,371‡
	p:	0,209	0,344	0,120	0,129
CI (L)	r:	0,414‡	0,404‡	0,592‡	0,480‡
	p:	0,044	0,049	0,009	0,043

‡: Pearson; §: Spearman; PIM: presión inspiratoria máxima; cmH<sub>2</sub>O: centímetros de agua; PEM: presión espiratoria máxima; CI: capacidad inspiratoria, L: litros; CPT: capacidad pulmonar total; VR: volumen residual, r: relación, p: valor p.

## DISCUSIÓN

Tras el análisis de los resultados obtenidos, la muestra estudiada evidenció un aumento significativo de variables antropométricas y de función pulmonar, además de correlaciones buenas a excelentes entre las mediciones de tórax y valores ventilatorios en los seleccionados de natación de la Universidad Católica del Maule, Talca, Chile.

En detalle, existió un aumento significativo del peso y el IMC en nadadores versus el grupo control. Del mismo modo, tanto Bielec *et al.* (2013) como Chhabra *et al.* (2013) observaron que la natación produce un aumento de la talla y el peso, sin embargo, esta alza no fue significativa. Específicamente, si observamos el IMC de los nadadores de nuestro estudio, este los clasifica como normo-peso, al límite de ser categorizados en sobrepeso. En este aspecto, la utilización de este parámetro para determinar peso ideal en deportistas es controversial (Kweitel, 2007), debido a que considera el peso extra como masa grasa, sin estimar el componente muscular y óseo (Kaufer-Horwitz & Toussaint, 2008), por lo que el IMC en nadadores no representa necesariamente un traductor de sobrepeso. En relación al objetivo de nuestro estudio, Santos Pascotini *et al.* (2016), evaluaron la correlación existente entre IMC y función pulmonar, una de las conclusiones a las que llegaron es que la masa corporal total de los individuos no se relaciona con estas evaluaciones, por lo que sugieren una valorización localizada del tejido adiposo en la zona abdominal, esta contribuiría de mejor manera al análisis de las variables de función pulmonar. En este aspecto, reconocemos como una debilidad de nuestra investigación no haber realizado la medición de pliegues cutáneos en la muestra estudiada. Este dato complementaría el análisis de los diámetros y perímetros de tórax en relación a volúmenes y presiones pulmonares, basado en la sinergia de la respiración, la cual involucra tórax superior, inferior y abdomen (Wilson, 2015) por lo que debería ser analizada en su conjunto.

Por otra parte, las variables de función ventilatoria se modifican con el entrenamiento. Esto lo demostró Baltiere *et al.* (2014) quienes evaluaron la cirtometría de voleibolistas y sujetos sedentarios de 51 a 80 años, encontrando un aumento de los valores de PIM, PEM y movilidad del complejo tórax-abdomen en deportistas sobre el grupo sedentario. Sin embargo, es en natación donde existe mayor cantidad de reportes, los cuales concuerdan con el aumento significativo de la CI, PIM y PEM en nadadores, encontrados en nuestra investigación, (Andrew *et al.*, 1972 & Clanton *et al.*, 1987; Courteix *et al.*, 1997; Mickleborough *et al.*, 2008). Este comportamiento ha sido asociado a la hipertrofia de la musculatura ventilatoria producto de la adaptación a las exigencias propias de este deporte, mantener un ciclo inspiratorio reducido entre brazadas, expulsión del volumen espiratorio contra la resistencia del medio y expansión del tórax contra la presión del agua. Para esto, el diafragma y los músculos accesorios de la ventilación deben desarrollar una mayor presión, vencer la inmersión del tórax en el agua y así realizar la ventilación (Mehrotra *et al.*, 1998; Mickleborough *et al.*, 2008; Vaithyanadane *et al.*, 2012). Del mismo modo, este aumento de la PEM y PIM impactaría sobre los volúmenes ventilatorios, aumentándolos, situación que coincide con nuestros resultados (Cordain *et al.*, 1990; Shaktiprasad *et al.* 2012).

El aumento de la CI y CPT son respaldados por las investigaciones de Kate *et al.* (2012) y Cordain *et al.* (1990), los que mostraron que existe un aumento significativo de la CI en nadadores versus corredores y grupo control (Cordain *et al.*, 1990). Esta alza en los volúmenes ventilatorios confirma la gran cantidad de gas que puede ser inspirado desde volumen corriente por los nadadores, representando una importante reserva inspiratoria frente al ejercicio. En este ámbito, variados autores han atribuido estos altos volúmenes pulmonares a la condición de hipoxia que enfrentan los



nadadores. Esta, de manera intermitente, produciría hiperplasia alveolar y con ello un aumento del volumen inspiratorio contenido en los mismos (Mehrotra *et al.*, 1998; Courteix *et al.*, 1997), del mismo modo la expansión repetida de los pulmones a CPT durante el entrenamiento a alta intensidad contribuiría a mejorar este valor. (Kate *et al.*, 2012).

Al realizar el análisis del DTT, se evidenció una diferencia significativa a CPT a favor de los nadadores con respecto al grupo control. Este resultado concuerda con lo expuesto por Armour *et al.* (1993), quienes obtuvieron esta diferencia en nadadores versus controles, sin embargo, estos resultados se obtuvieron de una medición realizada a nivel del proceso xifoides, a diferencia de nosotros, que la realizamos en el cuarto espacio intercostal. Asimismo, este mayor DTT a CPT nos indica que los nadadores al realizar una inspiración máxima, alcanzan una mayor expansión del tórax en el plano frontal al compararlo con el grupo control. En relación al PME tanto a VR como CPT fue significativamente mayor en nadadores sobre el grupo control, estos resultados coinciden con los de Benéfice *et al.* (1990), quienes compararon perímetros de tórax en nadadores pre-púberes versus un grupo control. Nuestros resultados tanto en diámetros como en perímetros de tórax del grupo de nadadores indican que este es capaz de expandirse más en inspiración, presentando un claro componente cinemático donde el cambio en un plano de movimiento repercute en los otros dos (Lee *et al.*, 2010).

En lo que respecta a las correlaciones de variables antropométricas de tórax y función pulmonar, se observó en el DAT a CPT una buena y significativa relación con la PIM y CI en nadadores, no así en el grupo control donde solo la CI consiguió una relación razonable y significativa (Tabla III). Esto concuerdan con los resultados de Shephard *et al.* (1973) quienes encontraron altos valores de dimensiones de tórax en nadadores fondistas asociados a una mayor CVF, por lo que la estructura del tórax de estos deportistas estaría influyendo en la generación de flujos y volúmenes ventilatorios. Por otra parte, Kaneko *et al.* (2016) y De Cordoba *et al.* (2013) afirmaron que la movilidad de la parilla costal tiene una relación directa con los resultados de función pulmonar, tanto en sujetos sanos como en aquellos con patologías respiratorias. Así, la buena movilidad de la caja torácica de nadadores reflejada por sus altos perímetros y diámetros, tanto a CPT como a VR, tendría una estrecha relación con el aumento de la PIM y CI.

Por otra parte, el PME de tórax evidenció una correlación buena y significativa en PIM y CI tanto a CPT como a VR en nadadores. Del mismo modo, Armour *et al.* (1993) obtuvieron correlaciones similares entre la superficie torácica

y la CPT ( $r=0,94$ ) en nadadores y grupo control ( $r=0,69$ ). Cabe destacar, que la medida de este grupo fue de superficie torácica (centímetros cuadrados) y la del presente estudio de diámetros y perímetros (centímetros). Pese a esto, los resultados presentan gran similitud, donde las correlaciones existentes en el grupo de natación respecto al control y también al mayor tamaño del tórax a mayor CPT.

En conclusión, los seleccionados de natación de la Universidad Católica del Maule demostraron tener mayores diámetros y perímetros de tórax. Del mismo modo, los resultados de CI, PIM y PEM fueron más altos en relación al grupo control. Además, existieron correlaciones entre diámetros y perímetros de tórax con función pulmonar en el mismo grupo. Por último, no medimos los pliegues cutáneos y no consideramos mujeres debido al bajo número de integrantes de la selección de natación. Por tanto, dentro de las proyecciones sería recomendable realizar estas mediciones en el sexo femenino, además de considerar la especialidad que desarrolla cada individuo, y sus implicancias en los cambios estructurales reportados.

---

**TORRES, S. C.; PARADA, A. R.; MEDINA, G. P.; ESCOBAR, I. J.; ESCOBAR, C. M. & MUÑOZ, C. R.** Toracic morphometry in the swimmer and your relation to the pulmonary function. *Int. J. Morphol.*, 35(3):845-851, 2017.

**SUMMARY:** The main point of this study is to determine the dimensions of the thorax and its relation to the ventilatory function of a group of swimmers members of the swimming team at Universidad Católica del Maule. 42 male subjects, whose age vary between 18 and 26 years old, were evaluated. 18 subjects were on the swimming team and 24 were sedentary students, all of them study in Universidad Católica del Maule. They were performed a basic bodily anthropometry assessment (weight and body size) and they were also performed a specific anthropometric assessment of the thorax, as well as one of the anteroposterior diameter (ATD) and the transverse diameter (TDT), thorax and the mesosternal perimeter (MP). Finally, they were performed an evaluation of the ventilatory function trough body plethysmography. For the statistical analysis the normality of the data was determined, then came the use of t of student or U of Mann-Whitney and Pearson or Spearman, depending of the case, whether it was to determine the statistical significance or correlation, respectably. A level of statistical significance of  $p > 0,05$  was considered. A significant increase of the body mass index (BMI) was observed, bigger thorax dimensions, PDA to full pulmonary capacity (FPC) and PME to FPC and residual volume. In the ventilatory function there was a significant increase of maximal expiratory pressure (MEP), maximal inspiratory pressure (MIP), inspiratory capacity (IC) and FPC. There were also correlations that vary from good to excellent between the diameter and perimeter of the thorax and IC and FMP, among the swimmers. Thus, it is concluded that relations exist between the

anthropometrical of the thorax and the ventilatory function in swimmers of the Universidad Católica del Maule, Talca, Chile.

**KEY WORDS: Thorax anthropometry, pulmonary functions, swimming.**

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- American Thoracic Society. Standardization of spirometry. *Eur. Respir. J.* 26(2):319-38, 2005.
- American Thoracic Society/European Respiratory Society. ATS/ERS Statement on Respiratory Muscle Testing. *Am. J. Respir. Crit. Care Med.*, 166:518-624, 2002.
- Andrew, G. M.; Becklake, M. G. & Guleria, J. S. Heart and lung functions in swimmers and nonathletes during growth. *J. Appl. Physiol.*, 32(2): 245-51, 1972.
- Armour, J.; Donnelly, P. M. & Bye, P. T. The large lungs of elite swimmers: an increased alveolar number? *Eur. Respir. J.*, 6(2):237-47, 1993.
- Aspenes, S. T. & Karlsen T. Exercise-training intervention studies in competitive swimming. *Sports Med.*, 42(6):527-43, 2012.
- Bajo, J. M. & Mangeaud, A. Relationship between the lung function and anthropometric measures and indexes in adolescents from Córdoba, Argentina. *Am. J. Hum. Biol.*, 22(6):823-9, 2010.
- Baltieri, L.; Laisa Dos Santos, L.; Furlan, G.; Moreno, M. Força muscular respiratória e mobilidade toracoabdominal em idosos e adultos sedentários e praticantes de voleibol adaptado: estudo-piloto. *Fisioter. Pesqui.*, 21(4):314-9, 2014.
- Benéfice, E.; Mercier, J.; Guérin, M. J. & Préfaut, C. Differences in aerobic and anthropometric characteristics between peripubertal swimmers and non-swimmers. *Sports Med.*, 11(6):456-60, 1990.
- Bielec, G.; Peczak-Graczyk, A. & Waade, B. Do swimming exercises induce anthropometric changes in adolescents? *Issues. Compr. Pediatr. Nurs.*, 36(1-2):37-47, 2013.
- Carlile, F. *Natación*. Buenos Aires, Paidós, 1967.
- Chhabra, A. S.; Julka, A. & Mehta, M. Study of anthropometric parameters and pulmonary Function tests of swimmers of indore city. *JEMDS.*, 2(14):2348-53, 2013.
- Clanton, T. L.; Dixon, G. F.; Drake, J. & Gadek, J. E. Effects of swim training on lung volumes and inspiratory muscle conditioning. *J. Appl. Physiol.*, 62(1):39-46, 1987.
- Compte, L.; Macián, V.; Blanco, M. & Rodríguez, M. *Manual SEPAR de Procedimientos, Volúmenes pulmonares*. Madrid, Novartis Farmacéutica, 2002.
- Cordain, L.; Tucker, A. & Moon, D. Lung volumes and maximal respiratory pressures in collegiate swimmers and runners. *Res. Q. Exerc. and Sport.*, 61(1):70-4, 1990.
- Courteix, D.; Obert, P.; Lecoq, A. M. & Patrick, G. Effect of intensive swimming training on lung volumes, airway resistances and on the maximal expiratory flow-volume relationship in prepubertal girls. *Eur. J. Appl. Physiol. Occup.*, 76(3):264-9, 1997.
- De Cordoba, F.; Alves, A.; Rocha, L.; Pachi, J.; Malaguti, C. & Dal Corso, S. Chest wall mobility is related to respiratory muscle strength and lung volumes in healthy subjects. *Respir. Care.*, 58(12):2107-12, 2013.
- Do Santos, F.; Fedosse, E.; De Castro, M.; Veis, V. & Trevisan, M. Força muscular respiratória, função pulmonar e expansibilidade toracoabdominal em idosos e sua relação com o estado nutricional. *Fisioter. Pesqui.*, 23(4):416-22, 2016.
- Hong, S. K.; Cerretelli, P.; Cruz, J. C. & Rahn, H. Mechanics of respiration during submersion in water. *J. Appl. Physiol.*, 27(4):535-8, 1969.
- I.S.A.K. *International Standards for Anthropometric Assessment*. Australia, The International Society for the Advancement of Kinanthropometry, 2001.
- Kaneko, H.; Shiranita, S.; Horie, J. & Hayashi, S. Reduced chest and abdominal wall mobility and their relationship to Lung function, respiratory muscle strength, and exercise tolerance in subjects with COPD. *Respir. Care.*, 6(11):1472-80, 2016.
- Kate, N.N.; Teli, C. G.; Kondam, A.; Madhuri, A.; Suresh, M. & Chandrashekar, M. *JPBS.*, 4(3):18-20, 2012.
- Kaufer-Horwitz, M. & Toussaint, G. Indicadores antropométricos para evaluar sobrepeso y obesidad en pediatría. *Bol. Méd. Hosp. Infant. Mex.*, 65(6):502-18, 2008.
- Kilding, A. E.; Brown, S. & Mc Connell A. K. Inspiratory muscle training improves 100 and 200 m swimming. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 108(3): 505-11, 2010.
- Kirilina, V.M. & Goranskii, A. I. Adaptations of heart activity to physical exercise in female physical education teachers in the european north. *Hum. Physiol.*, 32(6):666-70, 2006.
- Kweitel, S. IMC: herramienta poco útil para determinar el peso ideal de un deportista. *Rev. Int. Med. Cienc. Act. Fís. deporte.*, 7(28):274-89, 2007.
- Lamb, D. R. *Fisiología del ejercicio: respuestas y adaptaciones*. 2 ed. Madrid, MacMillan, 1989.
- Lee, L.; Chang, A.; Coppieters, M. & Hodges, P. Changes in sitting posture induce multiplanar changes in chest wall shape and motion with breathing. *Resp. Physiol. Neurobiol.*, 170(3):236-45, 2010.
- López, Ch. J. & Fernández, V. A. *Fisiología del ejercicio*. 3 ed. Madrid, Panamericana, 2010.
- Luengo, J.; Egocheaga, J. & Del Valle, M. Estudio kinantropométrico de nadadores crolistas de la élite española. *Rev. Esp. Antrop. Biol.*, (21):41-9, 2001.
- Mehrotra, P.K.; Varma, N.; Tiwaris, S. & Kumart, P. Pulmonary functions in indian sportsmen plating different sports. *Indian J. Physiol. Pharmacol.*, 42(3):412-6, 1998.
- Mickleborough, T. D.; Stager, J. M.; Chatham, K.; Lindley, M. R. & Ionescu, A. A. Pulmonary adaptations to swim and inspiratory muscle training. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 103(6):635-46, 2008.
- Moreno, J.; Camarero, S. & Tella, V. Valoración de los parámetros antropométricos en las pruebas de 100 y 200 metros mariposa. *Ed. Fís. deportes.*, (46):81-6, 1996.
- Shaktiprasad, C.; Vijayashri, H.; Naveen, S. & Niranjnath, H. Pulmonary adaptation to resistance exercise. *IJBPR.*, 3(6):819-21, 2012.
- Shephard, R. J.; Godin, G. & Campbell, R. Characteristics of sprint, medium and long-distance swimmers. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 32(2):99-116, 1973.
- Town, G. P. & Vanness, J. M. Metabolic responses to controlled frequency breathing in competitive swimmers. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 22(1): 112-6, 1990.
- Vaithyanadane, V.; Sugapriya, G.; Saravanan, A. & Ramachandran C. Pulmonary function test in swimmers and non-swimmers- a comparative study. *Int. J. Biol. Med. Res.*, 3(2):1735-8, 2012.
- Wilmore, J. H. & Costill, D. L. *Fisiología del esfuerzo y del deporte*. 5. ed. Barcelona, Paidotribo, 2004.
- Wilson, T. Compartmental models of the chest Wall and the origin of Hoover's sign. *Resp. Physiol. Neurobiol.*, 210(1):23-9, 2015.

Dirección para Correspondencia:  
Rodrigo Muñoz Cofré  
Doctorado en Ciencias Morfológicas  
Universidad de La Frontera  
Temuco - CHILE

E-mail: b.munoz13@ufromail.cl

Recibido : 04-03-2017  
Aceptado: 25-05-2017