

Efecto del entrenamiento muscular inspiratorio sobre el tiempo de nado y función pulmonar en jóvenes nadadores de alto rendimiento

Effect of inspiratory muscle training on swim time and pulmonary function in high performance young swimmers

Dr.©. Pablo Troncoso Galleguillos¹ , MSc. Germán Rojas Cabezas² ,
Lic. Ricardo González González³  y Lic. Margarita Vicuña Salas⁴ 

Autor para correspondencia: Dr.©. Pablo Troncoso Galleguillos
ptroncosog@uautonoma.cl

Resumen

El sistema respiratorio puede limitar el desempeño físico en elevadas intensidades de esfuerzo, aún en sujetos entrenados, por lo que se plantea que el entrenamiento muscular inspiratorio (EMI) podría mejorar el tiempo de nado y la función pulmonar en jóvenes nadadores de alto rendimiento. El propósito fue determinar el efecto del EMI sobre la presión inspiratoria máxima (PIMax), la ventilación voluntaria máxima (VVM) y su influencia sobre el tiempo de

- 1 Escuela de Kinesiología, grupo de investigación GIMH, Universidad Autónoma de Chile, Chile.
- 2 Universidad Autónoma de Chile, Chile.
- 3 Universidad Católica del Maule, Chile.
- 4 Club Deportivo de Natación, Universidad Católica del Maule, Chile.

nado. Seis nadadores (media de edad $15,7 \pm 1,0$ años) desarrollaron una serie de test fisiológicos y de desempeño físico antes y luego del EMI, incluyendo (1) mediciones de función pulmonar, PIMax, VVM₁₅, (2) pruebas de nado cronometradas de 200m. Todos continuaron con su entrenamiento habitual de 18 horas semanales. El EMI utilizó una válvula portátil, umbral de presión flujo independiente al 70 % de la PIMax, ejecutaron 30 repeticiones dos veces al día durante tres semanas, con un total de 1080 repeticiones.

Luego del EMI, la PIMax se incrementó significativamente ($p = 0,028$) con un 13,8 % de cambio, la VVM15 disminuyó significativamente ($p = 0,028$) con un -23 % de cambio, los tiempos totales de nado no mostraron diferencias significativas ($p = 0,6$) con un 0,6 % de cambio y una tendencia positiva en el tramo 150-200 m (-0,1 %). Así, tres semanas de EMI en nadadores de alto rendimiento, tienen un efecto positivo en la PIMax y en la VVM15, indujo mejoras fisiológicas que pueden incorporarse al entrenamiento. Sin embargo, no mejoró el tiempo de nado en pruebas de 200 m.

Palabras clave: Músculos respiratorios, desempeño, entrenamiento muscular inspiratorio, natación, función pulmonar.

Abstract

The respiratory system can limit physical performance at high intensities of effort, even in trained subjects, so it is proposed that inspiratory muscle training (IMT) could improve swim time and lung function in young high-performance swimmers. The purpose was to determine the effect of EMI on maximal inspiratory pressure (MIP), maximal voluntary ventilation (MVV) and its influence on swim time. Six swimmers (mean age 15.7 ± 1.0 years) underwent a series of physiological and physical performance tests before and after IMT, including (1) lung function measurements, MIP, MVV15, (2) 200 m timed swim tests. All continued with their usual training of 18 hours per week. The IMT used a portable valve, pressure threshold independent flow at 70 % of MIP, performed 30 repetitions twice a day for three weeks, for a total of 1080 repetitions. After IMT, MIP increased significantly ($p = 0.028$) with 13.8 % change, MVV15 decreased significantly ($p = 0.028$) with -23 % change, total swim times showed no significant difference ($p = 0.6$) with 0.6 % change and a positive trend in the 150-200 m stretch (-0.1 %). Thus, three weeks of IMT in high performance swimmers has a positive effect on MIP and MVV15, induced physiological improvements that can be incorporated into training. However, it did not improve swim time in the 200 m event.

Keywords: Respiratory muscles, performance, inspiratory muscle training, swimming, lung function.

Introducción

El sistema respiratorio puede limitar el desempeño del ejercicio frente a elevadas intensidades del esfuerzo físico en sujetos entrenados (Klusiewicz et al., 2008). En la natación competitiva el sistema respiratorio puede contribuir con factores limitantes del rendimiento físico, por fatiga muscular ventilatoria (Hill & Eastwood, 2011; Smith et al., 2002), por alteración del flujo sanguíneo periférico induciendo fatiga de extremidades (McConnell & Griffiths, 2010), por frecuencias respiratorias controladas y limitadas a reducidos ciclos libres de 0,3-0,5 segundos para respirar (Smith et al., 2002; Aspenes y Karlsen, 2012), por la necesidad de expandir la caja torácica antes de la inmersión, por una elevada resistencia de la vía aérea debido a los altos flujos inspiratorios y espiratorios, por una elevada frecuencia de contracción de los músculos ventilatorios con un elevado volumen corriente durante el nado y su participación en ventilar y estabilizar la acción de nadar (Kilding et al., 2010; Tiller et al, 2017; Wells et al, 2005; Mickleborough et al., 2008). El entrenamiento muscular inspiratorio es capaz de influenciar positivamente la tolerancia al ejercicio retrasando la aparición de fatiga de los músculos respiratorios y fatiga de extremidades, debido a una atenuación, abolición o retraso en la disminución de la perfusión a los tejidos de las extremidades (Wells et al, 2005; González-Montesinos et al, 2012; McConnell & Lomax, 2006; Witt et al, 2007). Existen diversos protocolos de EMI (Kilding et al., 2010; Wells et al, 2005; Edwards, 2013; Enright & Unnithan, 2011; Sheel, 2002) que incrementan la PIMax (McEntire et al, 2016) en deportistas (Hill & Eastwood, 2011; Tong et al., 2010; Lorca-Santiago et al., 2020) con diferentes porcentajes de carga, duración y frecuencia. Sin embargo, existe escasa información de cuál es el modelo más adecuado de entrenamiento ventilatorio en la natación competitiva (Kilding et al., 2010). Escasos estudios han utilizado el EMI de modalidad carga por presión umbral con valoración de la presión inspiratoria máxima (PIMax), ventilación voluntaria máxima (VVM) y cuantificación del desempeño físico en deportes acuáticos de nivel competitivo (Brown et al., 2014; Brown et al., 2010; Lemaitre et al., 2013). El propósito de este estudio es examinar el efecto del entrenamiento muscular inspiratorio sobre el tiempo de nado y la función pulmonar de jóvenes nadadores de alto rendimiento.

Método

Participantes

Seis atletas nadadores (cinco varones y una mujer, edad $15,7 \pm 1,0$ años, estatura $167,3 \pm 5,5$ cm, peso $60,3 \pm 7,8$ kg, índice de masa corporal (IMC) $21,6 \pm 3,6$ kg/m², área de superficie corporal (ASC), $1,7 \pm 0,1$ m²). Los criterios de inclusión fueron: entre 15 y 17 años, pertenecer a la selección de natación de la región del Maule con un año de antigüedad, cumplir con 18 horas de entrenamiento en 9 sesiones semanales, sin enfermedades respiratorias o musculoesqueléticas en el período de estudio. La toma de datos se realizó durante la fase precompetitiva con un volumen de trabajo estable en los estilos competitivos de cada nadador, 33,3 % mariposa y 66,7 % crol, en pruebas de 200 metros (m) en piscina temperada reglamentaria de 25 m. Se obtuvieron voluntariamente asentimientos y consentimientos informados. El estudio fue aprobado por el Comité de Evaluación Ético-Científico de la Universidad Mayor (Chile), sede Santiago.

Diseño experimental

Se diseñó un estudio cuasi experimental, longitudinal, de medidas repetidas.

Procedimientos

El estudio contempla tres etapas temporales, en la primera y última etapa se realizaron mediciones pre y post EMI: la PIMax para determinación de la fuerza muscular inspiratoria (The ATS/ERS Group, 2002) se realizó con un pimómetro (Care Fusion, Micro Respiratory Pressure Meter (RPM), Basingstoke UK), Software PUMA (Carefusion Micro Medical versión 1.4, 2004) en el laboratorio de Fisiología del ejercicio de Kinesiología de la Universidad Autónoma de Chile en Talca. La VVM₁₅ para determinación de la resistencia muscular ventilatoria (The ATS/ERS Group, 2002) se utilizó un ergoespirómetro (Vmax 29s SensorMedic, Alemania) en el laboratorio de función pulmonar de Kinesiología de la Universidad de Talca. Para medir el tiempo de nado en piscina temperada techada reglamentaria de 25m de la Universidad Católica del Maule se utilizó un cronómetro (Casio Digital sports stop watch Botw, Tokyo, Japón). Durante la sesión de madrugada (06:30 hrs) se realizó un calentamiento general y luego uno específico, nado regenerativo previo a las pruebas individuales maximales de 200m estilo mariposa y crol según especialidad del

nadador. Se consideró el tiempo total de la prueba en los 200m, en los tramos parciales 1^{er} 100 m, 2^{do} 100 m, y cada 50 m, para verificar si la estrategia utilizada por el nadador influyó en el rendimiento total. La frecuencia cardíaca (FC) se registró con un pulsómetro (Polar Electro Oy Professorintie, Modelo RS 300X sd Finlandia) en el tórax del sujeto, en condiciones de reposo y esfuerzo máximo al término inmediato de la prueba de nado, se calculó el nivel de intensidad del ejercicio y la reserva cardiaca utilizada según Karvonen (Robergs & Landwehr, 2002). En la segunda etapa, luego de las mediciones iniciales, se incorporó el EMI a una carga del 70 % de la PIMax basal, 30 inspiraciones por sesión, 2 sesiones al día, una en la mañana y otra en la tarde, 6 días a la semana, durante 3 semanas, 36 sesiones y 1080 repeticiones en total (Kilding et al., 2010). Se utilizó una válvula Powerbreathe® (IMT Technologies Ltd, Birmingham, UK), umbral de presión inspiratoria flujo independiente de carga estable para el ámbito deportivo (Caine & McConnell, 2000). Todos los participantes mantuvieron el entrenamiento habitual de nado durante las tres etapas. Los parámetros antropométricos de peso (kg) y estatura (m) fueron medidos con una balanza y estadiómetro portátil mecánico (Rice Lake® modelo RL-MPS-20 Wisconsin), la ASC fue calculada por el método de Du Bois, el IMC fue calculado dividiendo el peso (kg) por la altura al cuadrado (m²).

Análisis estadístico

Se utilizó estadística descriptiva, los datos del estudio son presentados como media \pm desviación estándar (DS), fueron analizados con el software PASW Statistics versión 18 (SPSS Inc., USA). Se realizó análisis comparativo entre pre y post test, pruebas Wilcoxon para muestras relacionadas, nivel de significación $\alpha = 0,05$

Resultados

Cada nadador completó 36 sesiones supervisadas de EMI con 1080 repeticiones del ciclo inspiratorio, lo que representó el 100% de adherencia al protocolo del grupo estudiado.

En la tabla 1 se presentan los estadísticos descriptivos de la PIMax, VVM₁₅ y % FCR obtenidos pre y post EMI. La variable PIMax incrementó significativamente ($p = 0,028$), desde $154,2 \pm 24,4$ cmH₂O en pre, a $175,5 \pm 33,1$ cmH₂O en post EMI, con un cambio del 13,8 %, la variable VVM15 disminuyó significativamente ($p = 0,028$), desde $255 \pm 39,4$ L/min en pre, a $196,2 \pm 19$ L/min en post EMI, con un cambio del -23 % (figura 1). Los estadísticos descriptivos de las variables tiempo total de nado, tiempo 1er tramo 100m y 2do tramo 100m, tiempo para cada tramo de 50m pre y post EMI, se presentan en la tabla 2. No

existieron diferencias significativas para el tiempo total de nado pre y post EMI ($p = 0,6$), estos fueron significativamente mayor en: 1^{er} 100m ($p < 0,043$), en los tramos 0-50m y 50-100m ($p < 0,046$; $p < 0,027$, respectivamente). Se observó una tendencia positiva en disminuir los tiempos en el tramo 150-200m con un cambio del -0,1 % (figura 2 y tabla 2).

Tabla 1.

Estadística descriptiva de la presión inspiratoria máxima, ventilación voluntaria máxima y frecuencia cardíaca en pruebas de nado, pre y post entrenamiento muscular inspiratorio.

Indicadores	Pre (n=6)		Post (n=6)		Dif (Post-Pre)	% cambio	Sig.
	Media	±DS	Media	±DS	Media		
PIMax (cmH20)	154,2	24,4	175,5	33,1	21,3	13,8	0,028 *
VVM (L/min)	255	39,4	196,2	19	-58,8	-23	0,028 *
f VVM	123,3	24,7	118,7	22,6	-4,7	-3,7	0,498
FC basal (lat/min)	79,8	8,4	71	11,6	-8,8	-12	0,172
FC máxima (lat/min)	183	8,6	179,2	6,9	-3,8	-2,1	0,249
% FCR utilizada	73,7	5,4	72,7	3,1	-1	-1,4	0,463

PIMax: presión inspiratoria máxima; VVM: ventilación voluntaria máxima; fVVM: frecuencia de VVM;
FC: frecuencia cardíaca; % FCR: porcentaje de frecuencia cardíaca de reserva.

* $p < 0,05$

Tabla 2.

Estadística descriptiva de los tiempos de ejecución en las pruebas de nado, pre y post entrenamiento muscular inspiratorio.

Centésimas (cs)	Pre (n = 6)		Post (n = 6)		Dif (Post-Pre)	% cambio	Sig.
	Med	±DS	Med	±DS	Media		
Tiempo total tramo 200m	14164,7	1295,3	14257,5	1383,8	92,8	0,6	0,6
1er tramo 100m	6710,8	653	6851,7	701,7	140,8	2	0,043 *
2do tramo 100m	7379	678,9	7391,2	725,6	12,2	0,1	0,344
Tramo 0-50m	3137,7	313,5	3211,8	306,4	74,2	2,3	0,046 *
Tramo 50-100m	3573,2	344,1	3639,8	400,5	66,7	1,8	0,027 *
Tramo 100-150m	3696	328,8	3710,3	386,2	14,3	0,3	0,917
Tramo 150-200m	3683	355,6	3680,3	349,8	-2,2	-0,1	0,75

* $p < 0,05$

Figura 1.

Análisis comparativo de la diferencia de medias entre pre y post EMI para (A) Presión inspiratoria máxima. (B) Ventilación voluntaria máxima.

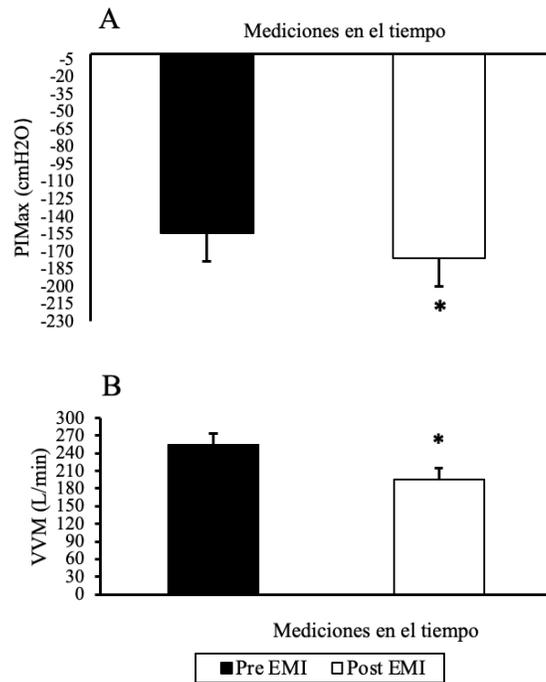
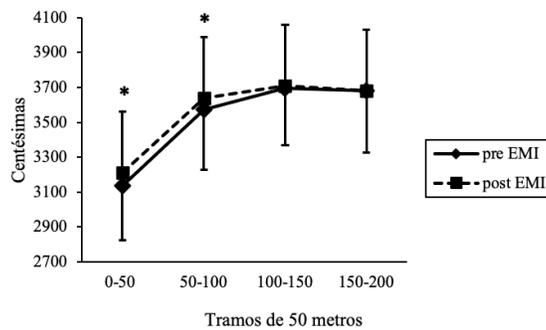


Figura 2.

Comparación de los tiempos de nado para cada tramo de 50-m, pre y post EMI.



Discusión

Los estudios de entrenamiento muscular ventilatorio aplicados al deporte varían ampliamente entre sí, estas diferencias se encuentran en el porcentaje de carga aplicado a la PIMax, en la duración en semanas de los períodos de EMI, en el modo de carga, ya sea, por tiempo o por número de repeticiones, y en el tipo de válvula resistida de entrenamiento utilizada (por flujo o por presión) (McConnell & Griffiths, 2010; Enright & Unnithan, 2011). En concordancia con otros estudios (Kilding et al., 2010), nuestro modelo de EMI permitió un mejor desempeño de los músculos respiratorios con el incremento de la PIMax. Probablemente el EMI influenció los mecanismos anticipatorios entre el cerebro y los receptores respiratorios, reduciendo la percepción del esfuerzo, con una mayor habilidad de los nadadores de sostener ejercicios de alta intensidad por períodos prolongados (Edwards, 2013; Lomax et al., 2019). Las mejoras fisiológicas pudieron estar relacionadas con el grado de potenciación muscular, con la hipertrofia de los intercostales inspiratorios y diafragma (Cavalcante et al., 2019) con la magnitud de carga del entrenamiento solicitado ($\geq 70\%$ del PIMax) que induce mayores cambios de volumen-presión a más altos niveles de carga (Hill & Eastwood, 2011; McConnell & Griffiths, 2010; Brown et al., 2014). Estos cambios generaron una estrategia ventilatoria profunda, que explica la disminución del volumen movilizado en VVM_{15} post EMI.

Entre las pruebas de nado pre y post EMI observamos un elevado y equivalente nivel de intensidad del esfuerzo, que permitió comparar las FC máximas logradas y los tiempos de nado entre sí. A pesar de las mejoras fisiológicas adquiridas post EMI, se observó una tendencia no significativa en la disminución de los tiempos de nado en el tramo 150-200 m, probablemente la estrategia de competición limitó la expresión de las mejoras fisiológicas obtenidas con el EMI. Por otro lado, los nadadores reportaron modificaciones positivas en la percepción del esfuerzo físico con una rápida recuperación y mejor tolerancia a la apnea (subacuáticos). Estas observaciones son concordantes con otros estudios (Kilding et al., 2010; Ray et al., 2010) donde la percepción de fatiga está gobernada por un control metabólico cerebral central, además que existe una reducida percepción de incomodidad por el ejercicio, asociada a un menor rango de esfuerzo percibido. La adquisición de una nueva estrategia de nado debe estar acompañada de un período de acomodación entre las nuevas sensaciones y las capacidades fisiológicas mejoradas (Ray et al., 2010; Shei & Mickleborough, 2018). Probablemente las tácticas utilizadas en las pruebas competitivas sean un factor que limite la expresión inmediata de las capacidades adquiridas con el EMI, por lo que se requieren futuros estudios que puedan verificar la influencia del EMI en el desempeño de los tiempos de nado a largo plazo y su relación con la táctica competitiva utilizada.

Conclusiones

Los principales hallazgos de este estudio indican que tres semanas de EMI al 70 % de la PIMax, modifica positivamente la habilidad de generar una mayor PIMax y una menor VVM. Sin embargo, no existieron diferencias significativas positivas para el tiempo total de nado. Estos resultados apoyan la incorporación del EMI de modo complementario al programa de entrenamiento en nadadores de alto rendimiento.

Limitaciones del estudio

La principal limitación es el número acotado de sujetos que califican como seleccionados regionales de natación.

Agradecimientos

Agradecimientos a la Dirección de postgrado Universidad Mayor y al laboratorio de función pulmonar de Kinesiología de la Universidad de Talca.

Referencias

- Aspenes, S.T. & Karlsen, T. (2012). Exercise-Training Intervention Studies in Competitive Swimming. *Sports Medicine*, 42(6), 527-543. DOI: 10.2165/11630760-000000000-00000
- Brown, P.I., Sharpe, G.R. & Johnson, M.A. (2010). Loading of Trained Inspiratory Muscles Speeds Lactate Recovery Kinetics. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 42(6), 1103-1112. DOI: 10.1249/MSS.0b013e3181c658ac
- Brown, P.I., Johnson, M.A. & Sharpe, G.R. (2014). Determinants of inspiratory muscle strength in healthy humans. *Respiratory Physiology & Neurobiology*, 196, 50-55. DOI: 10.1016/j.resp.2014.02.014
- Caine, M.P. & McConnell, A.K. (2001). Development and evaluation of a pressure threshold inspiratory muscle trainer for use in the context of sports performance. *Journal Sports Engineering*, 3(3), 149-159. DOI: 10.1046/j.1460-2687.2000.00047.x

- Cavalcante Silva, R.L., Hall, E. & Maior, A.S., (2019). Inspiratory muscle training improves performance of a repeated sprints ability test in professional soccer players. *Journal of Bodywork & Movement Therapies*, 23(3), 452-455. DOI: 10.1016/j.jbmt.2019.01.016
- Edwards, A.M. (2013). Respiratory muscle training extends exercise tolerance without concomitant change to peak oxygen uptake: physiological, performance and perceptual responses derived from the same incremental exercise test. *Respirology*, 18(6), 1022-1027. DOI: 10.1111/resp.12100
- Enright, S.J. & Unnithan, V.B. (2011). Effect of inspiratory muscle training intensities on pulmonary function and work capacity in people who are healthy: a randomized controlled trial. *Physical Therapy*, 91(6), 894-905. DOI: 10.2522/ptj.20090413
- González-Montesinos, J.L., Vaz, C., Fernández, J.R., Arnedillo, A., Costa, J.L. y Gómez, R. (2012). Efectos del entrenamiento de la musculatura respiratoria sobre el rendimiento: Revisión bibliográfica. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte*, 5(4), 163-170.
- Hill, K. & Eastwood, P. (2011). Effects of loading on upper airway and respiratory pump muscle motoneurons. *Respiratory Physiology & Neurobiology*, 179(1), 64-70. DOI: 10.1016/j.resp.2011.04.001
- Kilding, A.E., Brown, S. & McConnell, A.K. (2010). Inspiratory muscle training improves 100 and 200m swimming Performance. *European Journal of Applied Physiology*, 108(3), 505-511. DOI: 10.1007/s00421-009-1228-x
- Klusiewicz, A., Borkowski, L., Zdanowicz, R., Boros, P. & Wesolowski, S. (2008). The inspiratory muscle training in elite rowers. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 48(3), 279-284.
- Lemaitre, F., Coquart, J.B., Chavallard, F., Castres, I., Mucci, P., Costalat, G. & Chillet, D. (2013). Effect of Additional Respiratory Muscle Endurance Training in Young Well-Trained Swimmers. *Journal of Sports Science and Medicine*, 12(4), 630-638.
- Lomax M., Kapus J., Brown P. & Faghy M. (2019). Impact of weekly swimming training distance on the ergogenicity of inspiratory muscle training in well-trained youth swimmers. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 33(8), 2185-2193. DOI: 10.1519/JSC.0000000000002375
- Lorca-Santiago, J., Jiménez, S., Pareja-Galeano, H. & Lorenzo, A. (2020). Inspiratory Muscle Training in Intermittent Sports Modalities: A Systematic Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 17(12), 4448 DOI: 10.3390/ijerph17124448
- McConnell, A.K. & Lomax, M. (2006). The influence of inspiratory muscle work history and specific inspiratory muscle training upon human limb muscle fatigue. *The Journal of Physiology*, 577.1, 445-457. DOI: 10.1113/jphysiol.2006.117614

- McConnell, A.K., & Griffiths, L.A. (2010). Acute Cardiorespiratory Responses to Inspiratory Pressure Threshold Loading. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 42(9),1696-1703. DOI: 10.1249/MSS.0b013e3181d435cf
- McEntire, S.J., Smith, J.R., Ferguson, C.S., Brown, K.R., Kurti, S.P. & Harms, C.A. (2016). The effect of exercise training with an additional inspiratory load on inspiratory muscle fatigue and time-trial performance. *Respiratory Physiology & Neurobiology*, 230, 54-59. DOI: 10.1016/j.resp.2016.05.001
- Mickleborough, T.D., Stager, J.M., Chatham, K., Lindley, M.R. & Ionescu, A.A. (2008). Pulmonary adaptations to swim and inspiratory muscle training, *Eur J Appl Physiol.*, 103(6), 635-646. DOI: 10.1007/s00421-008-0759-x
- Ray, AD., Pendergast, DR. & Lundgren, CE. (2010). Respiratory muscle training reduces the work of breathing at depth. *European Journal of Applied Physiology*, 108(4), 811-820. DOI: 10.1007/s00421-009-1275-3
- Robergs, R. & Landwehr, R. (2002). The surprising history of the “HRmax=220-age” equation. *Journal of Exercise Physiology-online*, 5(2),1-10.
- Sheel, A.W. (2002). Respiratory Muscle Training in Healthy Individuals: Physiological Rationale and Implications for Exercise Performance. *Sports Medicine*, 32 (9), 567-581. DOI: 10.2165/00007256-200232090-00003
- Shei, R.-J. & Mickleborough, T.D., (2018). Unresolved questions that need to be addressed in order to maximize the efficacy of inspiratory muscle training, *Physical Therapy in Sports*, 35, 97-98. DOI: 10.1016/j.ptsp.2018.11.009
- Smith, D., Norris, R. & Hogg, J. (2002). Performance Evaluation of Swimmers: Scientific Tools. *Sports Medicine*, 32(9), 539-554. DOI: 10.2165/00007256-200232090-00001
- The ATS/ERS Group (2002). Statement on respiratory muscle testing. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 166(4), 518-624. DOI: 10.1164/rccm.166.4.518
- Tiller, N.B., Campbell, I.G. & Rommer, L.M. (2017). Influence of Upper-Body Exercise on the Fatigability of Human Respiratory Muscles. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 49(7),1461-1472. DOI: 10.1249/MSS.0000000000001251
- Tong, T.K., Fu, F.H., Chung, P.K., Eston, R., Lu, K., Quach, B., Nie, J. & So, R. (2008). The effect of inspiratory muscle training on high-intensity, intermittent running performance to exhaustion. *Applied Physiology, Nutrition and Metabolism*, 33(4), 671-681. DOI: 10.1139/H08-050
- Tong, T.K., Fu, F.H., Eston, R., Chung, P.K., Quach, B. & Lu, K. (2010). Chronic and acute inspiratory muscle loading augment the effect of a 6-week interval program on tolerance of high-intensity intermittent bouts of running. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(11), 3041-3048. DOI: 10.1519/JSC.0b013e3181bf033b

- Wells, G.D., Pyley, M., Thomas, S., Goodman, L. & Duffin J. (2005). Effects of concurrent inspiratory and expiratory muscle training on respiratory and exercise performance in competitive swimmers. *European Journal of Applied Physiology*, 94(5-6), 527-540. DOI: 10.1007/s00421-005-1375-7
- Witt, J.D., Guenette, J.A., Rupert, J.L., McKenzie, D.C. & Sheel, A.W. (2007). Inspiratory muscle training attenuates the human respiratory muscle metaboreflex. *The Journal of Physiol*, 584.3, 1019-1028. DOI: 10.1113/jphysiol.2007.140855