



# Revista Médica de Trujillo

Publicación oficial de la Facultad de Medicina de la Universidad Nacional de Trujillo - Perú

## Artículo Original

### Área muscular del muslo y su relación con la potencia anaeróbica alcanzada por deportistas de alto rendimiento

Thigh muscle area and its relationship with anaerobic power reached by high performance athletes

Leonel Lozano <sup>1,a</sup>

1. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas –UPC, Lima, Perú a. Médico Cirujano, Especialista en Medicina del Deporte

Citar como: Lozano L. Área muscular del muslo y su relación con la potencia anaeróbica alcanzada por deportistas de alto rendimiento. Rev méd Trujillo 2018;13(1):9-15

#### Correspondencia:

Leonel Lozano.

Av. Encalada Nº 1420 oficina 1104,  
Monterrico, Lima 033

Email: pcdtlloz@upc.edu.pe

#### RESUMEN

El propósito de este estudio fue determinar si existía relación entre el área de la sección transversal del muslo (CSA) y la potencia anaeróbica alcanzada por deportistas de alto rendimiento. Se tomó una muestra de deportistas del COAR que hayan tenido datos completos de antropometría y prueba de 40 segundos en cicloergómetro. Se encontraron 22 varones y 3 mujeres de los deportes de boxeo y ciclismo, con un total de 40 pruebas; la edad promedio fue  $23.3 \pm 4.0$  años, el peso promedio fue de  $67.3 \pm 8.6$  Kg., la talla promedio fue  $169.7 \pm 6.4$  cm. Como el número de mujeres fue escaso, para el análisis estadístico se procedió a excluirlas de la muestra. El análisis estadístico se realizó según ONE WAY ANOVA en el programa estadístico SPSS V 13.0. La hipótesis nula se rechazó al 5%.

Encontrándose que el CSA teniendo como covariada al volumen del miembro inferior (Vmi) tiene una correlación significativa con la potencia total (W\_Pot\_W). (VIF=1), con  $p < 0.0001$ ,  $r = 0.829$  y  $r^2$  ajustada = 0.678. El CSA es una medida de la cantidad de masa muscular, sin embargo no aporta datos sobre las características intrínsecas, disposición o activación de la misma durante el gesto del pedaleo, además durante el pedaleo se realiza el trabajo muscular con todo el miembro inferior, ello posiblemente pueda explicar la magnitud de nuestros resultados.

Podemos concluir que el área de sección muscular del muslo influye en gran medida en la potencia anaeróbica total en deportistas varones de alto rendimiento.

#### SUMMARY

The purpose of this study was to determine if there was a relationship between the cross-sectional area of the thigh (CSA) and anaerobic power achieved by high-performance athletes. It took a sample of COAR athletes who have had complete data for anthropometry and 40-second test on a cycle ergometer.

There were 22 men and 3 women in the sports of boxing and cycling, with a total of 40 tests, the average age was  $23.3 \pm 4.0$  years, mean weight was  $67.3 \pm 8.6$  kg, average height was  $169.7 \pm 6.4$  cm. As the number of women has been low, for statistical analysis proceeded to exclude from the sample. Statistical analysis was performed by ONE WAY ANOVA in the statistical program SPSS V 13.0. The null hypothesis was rejected at 5%. Finding that the CSA as a covariate taking the volume of the lower limb (VMI) is a significant correlation with the total power (W\_Pot\_W). (VIF = 1),  $p < 0.0001$ ,  $r = 0.829$ , adjusted  $r^2 = 0.678$ .

We conclude that the CSA of the thigh is greatly influenced by the total anaerobic power in high-performance male athletes.

Keywords: anaerobic power, muscle cross-sectional area, 40-second test.

Recibido el 22/12/17

Aceptado el 12/03/18

## INTRODUCCIÓN

La potencia muscular es la capacidad del músculo para ejercer una fuerza o movimiento máximo en el menor tiempo posible; la evaluación de su magnitud ha sido estudiada a través de diversos tests, utilizando como ejercicio subida de escaleras, los saltos o el pedaleo en ciclo ergómetros.<sup>1,2</sup>

El trabajo físico se realiza a expensas del gasto energético proveniente de diversas reacciones en las cuales puede o no haber la participación del oxígeno, contrariamente a lo que se creía, ahora se sabe que las diferentes vías no son exclusivas de un solo sistema, si no mas bien que el porcentaje de la participación de cada sistema orienta su nombramiento<sup>1,3,4,5,6,7</sup>; la duración de pruebas en cicloergómetro para hallar la máxima capacidad anaeróbica se realiza con pruebas de más de 30 segundos, se considera que una prueba mayor de 30 segundos aumenta el déficit de oxígeno y la acumulación de ácido láctico<sup>8,9</sup>, en tal sentido las pruebas de 40 segundos ideadas por Kath fueron modificadas a 30 segundos por Bar Or en la Universidad de Wingate, ajustando además la carga al peso del sujeto de estudio; sin embargo la producción anaerobia continua después de los 30 segundos, causando fatiga y la terminación de la prueba. Narváez 2004<sup>10</sup> revisa estos aspectos y propone el Test de 40 segundos con cargas ajustadas al peso del sujeto de estudio, es este test el que se utiliza en el Centro Olímpico de Alto Rendimiento para la evaluación de la potencia anaeróbica en cicloergómetro.

Los deportistas utilizan todas las vías metabólicas para la producción de energía, en algunos deportes o en fracciones del desarrollo de estos es muy importante el sistema

anaeróbico aláctico, por ello es necesaria su evaluación.

Es el músculo quien realiza el trabajo durante la contracción para generar movimiento o mantener una postura en contra de una fuerza, accionando los diferentes tipos de palancas formados por los huesos y sus respectivas articulaciones. En los miembros inferiores y superiores la disposición de ellos longitudinalmente el eje de la extremidad hace posible cuantificar su masa por diversos métodos indirectos. Uno de estos métodos es la antropometría en el que podemos hallar la medida del área de la sección transversal del musculo y el volumen, basados en que las extremidades son cilindros imperfectos donde en forma concéntrica se superponen hueso, músculo, tejido celular subcutáneo y piel.<sup>11,12</sup>

Teniendo en cuenta que es el músculo el que efectúa la contracción y por tanto es el que genera la fuerza y la potencia<sup>1,4</sup>, buscamos hallar su posible relación con la cantidad de masa muscular del segmento corporal que realiza el movimiento, tomando a deportistas de alto rendimiento en los que esta variable fisiológica sea importante para su desempeño deportivo.

## MATERIAL Y METODOS

Es un estudio retrospectivo, cuantitativo, de corte transversal, de correlación. La población esta constituida por todos los deportistas de alto rendimiento existentes en la base de datos del Centro Olímpico de Alto Rendimiento (COAR) ubicado en la ciudad de Guayaquil en Ecuador, desde el año 2006 a febrero del 2009 que hayan realizado antropometría y Test de 40 segundos en cicloergómetro. Se dispuso la información de aquellos deportistas que

tuvieron completos los datos, encontrándose que solo cumplían con ello los deportistas de boxeo (9 deportistas varones) y ciclismo (13 varones y 3 mujeres), debido al menor número se procedió a excluir a las deportistas mujeres.

## PROCEDIMIENTO

Las pruebas anaeróbicas en cicloergómetro se realizaron siguiendo el protocolo ERGOCOM del COAR, con una carga correspondiente a 75 g por Kg. de peso corporal, con una duración de 40 segundos, en cicloergómetro Zuccolo.<sup>10</sup>

Los datos antropométricos se tomaron de acuerdo al protocolo MORFO del COAR, y se extrajeron los correspondientes a Área de sección transversal de muslo (CSA) y volumen de miembro inferior (Vmi) para ambos miembros, luego de realizadas las ecuaciones del protocolo.

## ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Cuadro N° 1, muestra los datos epidemiológicos del estudio

	Boxeo	Ciclismo	Total
N	9	13	22
Edad promedio (años)	22.64	24.09	23.74
Edad Desv. Estándar (años)	3.84	3.82	3.83
Peso promedio (kg)	69.20	67.92	68.23
Peso Desv. Estándar (kg)	15.01	4.71	8.18
Talla promedio (cm)	171.58	170.18	170.52
Talla Desv. Estándar (cm)	8.11	4.59	5.55

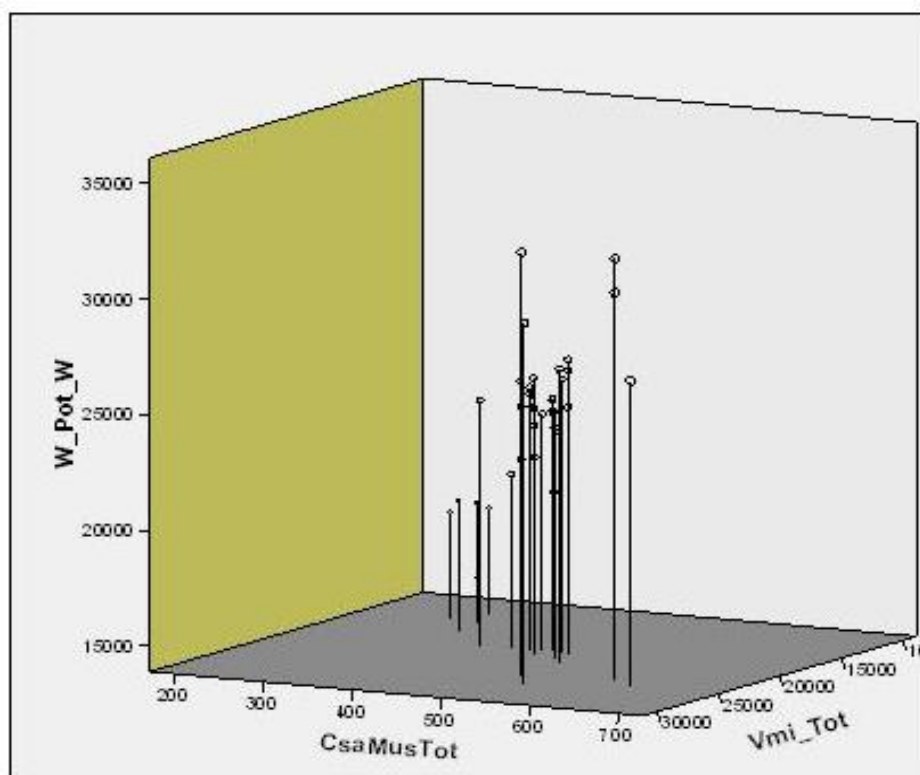
Los datos obtenidos se analizaron según ONE WAY ANOVA en el programa estadístico SPSS V 13.0. La hipótesis nula se rechazó al 5%.

## RESULTADOS

Del análisis de la base de datos obtenida del COAR, se encontró que los deportistas que habían realizado tanto antropometría (Protocolo Morfo) y Test de 40 segundos (Protocolo ERGOCOM) en el periodo comprendido desde enero del 2006 hasta febrero del 2009 fueron 22 varones (9 de boxeo y 13 de ciclismo) y 3 mujeres de los deportes de boxeo y ciclismo, con un total de 40 pruebas (algunos deportistas registraron 2 pruebas en la misma fecha); la edad promedio fue  $23.7 \pm 3.8$  años, el peso promedio fue de  $68.23 \pm 8.18$  Kg., la talla promedio fue  $170.52 \pm 5.55$  cm. Como el número de mujeres fue escaso (sólo 3 pruebas), para el análisis estadístico se procedió a excluirlas de la muestra. Según se muestra en el Cuadro N° 1

Se analizó las posibles relaciones entre el área de sección transversal del muslo vs. la potencia máxima alcanzada en la prueba en cicloergómetro y el tiempo en el que se alcanzó este pico, no hallando correlación estadísticamente significativa. La  $r$  no mejoró cuando se introdujo el volumen del miembro inferior como covariada en el análisis. Al

analizar el área de sección transversal del muslo total (suma derecho más izquierdo) frente a la potencia total, se encontró correlación significativa, la que mejoró al introducir en el análisis como variable de peso al volumen del miembro inferior total (suma derecho más izquierdo) (VIF=1), con  $p < 0.0001$ ,  $r = 0.829$  y  $r^2$  ajustada = 0.678



La figura 1 nos muestra el Área de sección transversal del muslo total (Csa Mus Tot), el Volumen del miembro inferior total (Vmi\_Tot) y su relación con la Potencia Total (W\_Pot\_W)

## DISCUSIÓN

El desentrenamiento causa una disminución de la masa muscular, que es más evidente en los miembros inferiores con respecto a los superiores; esta disminución de masa muscular lleva a una disminución en la potencia anaeróbica medida con cicloergómetro, esto ha sido observado en personas sedentarias o que eran deportistas aficionados<sup>14,15</sup>, en el caso de

luchadores se encontró correlaciona entre la masa libre de grasa y la potencia anaeróbica alcanzada en cicloergómetro, pero en este tipo de deporte es notorio la mayor masa muscular con respecto a otros deportes<sup>16</sup>, potencia máxima en cicloergómetro, también ha sido correlacionada con el desenvolvimiento deportivo en deportistas de sky alpino<sup>17</sup>; otro estudio en cicloergómetro refiere que la potencia aplicada durante el pedaleo depende de algunas características musculo esqueléticas como la arquitectura y la morfología muscular<sup>18</sup>; asimismo la alta demanda de energía que ocurre durante los ejercicios de alta intensidad

requiere de procesos anaeróbicos y se relaciona entre otros con el volumen de masa muscular que se contrae<sup>19</sup>.

En nuestro estudio encontramos correlación entre el área de sección transversal del muslo y la potencia anaeróbica total en el Test en cicloergómetro durante 40 segundos, que mejora al agregar la

En un estudio previo en el COAR; Narváez y col.<sup>20</sup> no encontraron relación entre variable volumen de miembros inferiores como variable de peso para la potencia anaeróbica medida con test de saltos y la masa muscular; ello posiblemente a que en el pedaleo intervienen también otros grupos musculares cuyo movimiento debe acoplarse a los músculos del muslo<sup>21</sup>; posiblemente la relación encontrada en nuestro trabajo encuentre explicación en la sollicitación muscular del gesto depende en parte del número de fibras musculares que se activen<sup>22</sup>. Ante un entrenamiento de pliometría, tanto las pruebas de salto como en cicloergómetro mejoraron sus resultados<sup>23</sup>, en nuestro trabajo se evaluó a deportistas de boxeo y ciclismo debido a que ambos deportes tienen un alto componente dinámico y un alto componente estático (IIIC) según la clasificación de los deportes por componente estático y dinámico tomado por la AHA/ACC<sup>24,25</sup>, esta clasificación de los deportes ha sido utilizada para agrupar deportes cuando se evalúa el componente dinámico<sup>26</sup> como el caso de nuestro estudio y en general para los componentes estáticos y dinámicos<sup>27</sup>.

Durante el pedaleo el movimiento es más uniforme y el ángulo de la biela durante su recorrido permite identificar el grupo muscular activado<sup>21, 23</sup>. Otro punto a tomar en cuenta también es que si se aumenta el área de sección transversal del muslo por aumento de la masa

muscular, el volumen del miembro inferior también aumentará pero no proporcionalmente, pues la pierna es considerablemente menor que el muslo, esto podría explicar por qué al ingresar el volumen como variable de peso la correlación mejora.

Existen otras variables que no se han tomado en cuenta en este trabajo como la arquitectura muscular, el tipo de fibra muscular, o el porcentaje de activación de estas durante la prueba<sup>18, 28-30</sup> y otras variables que podrían estar influyendo en los resultados encontrados. Podríamos decir que por cada incremento de un cm<sup>2</sup> de área de sección muscular del muslo, se producen 37.287 W de potencia anaeróbica total en los deportistas de ciclismo y boxeo evaluados.

## CONCLUSIÓN

El área de sección muscular del muslo influye en gran medida en la potencia anaeróbica total en deportistas varones de alto rendimiento.

## LIMITACIONES DEL ESTUDIO

Falta de representantes de ambos sexos

Al no tener mediciones antropométricas segmentarias, se debe asumir valores totales, para el miembro inferior lo cual desmejora los resultados.

No todos los sujetos de estudio se encontraban en el mismo nivel de entrenamiento, porque asisten al COAR a realizarse las pruebas y entrenan en sus respectivas federaciones, sin embargo se tomó a aquellos deportistas que tenían datos completos de las evaluaciones (22 varones), pudiendo ello influir en la correlación.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS



1. Mc Ardle WD, Katch FI, Katch VL. *Exercise Physiology*. 8th edition. Editorial Williams & Wilkins. 2014
2. Chamari K, Padulo J. 'Aerobic' and 'Anaerobic' terms used in exercise physiology: a critical terminology reflection. *Sports Medicine - Open* 2015 doi:10.1186/s40798-015-0012-1
3. Narvaez G. Entrenamiento Aeróbico, métodos y criterios. Utilización de variables fisiológicas. En: Managua JO, Acosta G. *Cardiología del ejercicio*. Editorial Científica Universitaria .Universidad Nacional de Catamarca. 2005
4. Barbany JR, Compay X, Balagué A. *Bases Bioquímicas del trabajo muscular anaerobio*. Apunts Medicina de l'Esport. 1980; 17:9-14.
5. Weineck J. *Entrenamiento total*; editorial Paidotribo 2005
6. Narváez G.E., Lentini NA. La Participación Anaeróbica del trabajo aeróbico; *Acta Col De Medicina Del Deporte*. (2001) Año 9, Volumen 8, Número 1 disponible en URL: <https://encolombia.com/medicina/revistas-medicas/amedco/vam-81/amedco8101participacion/> consultado el 8 de marzo del 2018.
7. Baker JS, McCormik MC, Robergs RA. Interaction among Skeletal Muscle Metabolic Energy Systems during Intense Exercise. *Journal of Nutrition and Metabolism*. 2010; 2010:905612. doi:10.1155/2010/905612.
8. Driss T, Vandewalle H. The Measurement of Maximal (Anaerobic) Power Output on a Cycle Ergometer: A Critical Review. *BioMed Research International*. 2013: 589361. doi:10.1155/2013/589361
9. Jaafar H, Rouis M, Coudrat L, Attiogbé E, Vandewalle H, Driss T. Effects of load on Wingate test performances and reliability. *J Strength Cond Res* .2014 ; (28)12: 3462-3468
10. Narváez GE; Test Anaerobico Labemorf de 40 segundos exercise-pcvc en fac.org. (2004) disponible en URL: <http://mail.fac.org.ar/pipermail/exercise-pcvc/2004-August/000080.html> consultado 8 de marzo 2018
11. Yamada Y, Ikenaga M, Takeda N, Mrimura K, Miyoshi N, Kiyonaga A, et al. Estimation of thigh muscle cross-sectional area by single- and multifrequency segmental bioelectrical impedance analysis in the elderly. *J Appl Physiol* .2014; 116: 176–182.
12. Kotsasian A, Tsolakis CH, Drake AM. Anatomic and Functional Characteristics of Lower Extremities in Elite and Sub-Elite Fencers. *Biology of exercise*. 2016 Vol 12.1 doi.org/10.4127/jbe.2016.0096
13. *Manual Labemorf* . Argentina, 1987
14. Yamamoto N, Yanagi H, Wada T, Sakurama K, Takenoya F, Isaka T, Hashimoto M. Effects of One-Year Detraining on Anaerobic Power and Muscle Thickness of Upper and Lower Extremity in Young Male. *Med Sci Sports Exerc* . 2006 ; 38(5) Supplement S299
15. Ferretti G, Berg HE, Minetti AE, Moia C. Maximal instantaneous muscular power after prolonged bed rest in humans; *J Appl Physiol*. (2001); 90: 431-5
16. Arzu Vardar S , Tezel S, Öztürk L, Kaya O. The Relationship between Body Composition and Anaerobic Performance of Elite Young Wrestlers. *J Sports Sci Med* . 2007: 6(CSSI-2), 34-38
17. Miura T. Maximum Anaerobic Power in Adult Alpine Ski Racers. *Int. J. Sport Health Sci*. 2015; 13, 96-101.
18. McDaniel J, Behjani NS, Elmer SJ, Brown NA, Martin JC. Joint-Specific Power-Pedaling Rate Relationships during Maximal Cycling. *J Appl Biomech* . 2014 ; 30 (3):423-430
19. Sahlin K. Muscle Energetics During Explosive Activities and Potential effects of Nutrition and Training. *Sports Med*. 2014: 44 (Suppl 2):S167–S173
20. Narvaez GE y col. Consideraciones en metodología indirecta de campo vs. directa de laboratorio. Poster IX Congreso Nacional de Educación Física de Ibarra. Julio 2008
21. Lima da Silva JC, Tarassova O, Ekblom MM, Anderson E, Ronquist G, Arndt A. Quadriceps and hamstring muscle activity during cycling as measured with intramuscular electromyography. *Eur J Appl Physiol*. 2016: 116:1807–1817
22. Mrówczyński W, Lochyński L. Physiological adaptations of motor units to endurance and strength training. *Trends in Sport Sciences*. 2014; 3(21): 129-134
23. Adigüzel NS, Günaya M. The Effect of Eight Weeks Plyometric Training On Anaerobic Power, Counter Movement Jumping and Isokinetic Strength in 15–18 Years Basketball Players. *International Journal of Environmental & Science Education*. 2016 ; 11 (10) :3241-3250
24. Levine BD, Baggish AL, Kovacs RJ, Link MS, Maron MS, Mitchell JH. Eligibility and Disqualification Recommendations for Competitive Athletes With Cardiovascular Abnormalities: Task Force 1: Classification of Sports: Dynamic, Static, and Impact. A Scientific Statement From the American Heart Association and American College of Cardiology. *Circulation* 2015;132:00-00. doi: 10.1161/CIR.0000000000000237.)
25. Rice SG, Medical conditions affecting sports participation. *Pediatrics* .2008; 121 (4): 841-848

26. Nagashima J, Matsumoto N, Takagi A, Musha H, Chikaraishi K, Sagehashi M, et al. Dynamic component of sports is an important determinant factor of heart rate recovery. *Am J Cardiol.* 2011; 58, 191-196
27. Maillot N, Aho-Glele S, Gudjoncik A, Guenancia C, Chagué F, Cottin Y. The prevalence of athletes' ECG abnormalities based on refined criteria is not impacted by the dynamic/static components of sports. *Archives of Cardiovascular Diseases Supplements.* 2017; 9 :100-105
28. Pereira R, Machado M, Miragaya dos Santos M. Muscle Activation Sequence Compromises Vertical Jump Performance. *Serb J Sports Sci.* 2008; 2(3): 85-90
29. Lara AJ, Abian J, Alegre LM. Test de potencia de extremidades inferiores de corta duración. Pedaleo vs. salto. Facultad de Ciencias del Deporte, Universidad de Castilla-La Mancha (2005). Disponible en URL: [https://www.researchgate.net/publication/253644524\\_Tests\\_de\\_potencia\\_de\\_extremidades\\_inferiores\\_de\\_corta\\_duracion\\_pedaleo\\_vs\\_salto](https://www.researchgate.net/publication/253644524_Tests_de_potencia_de_extremidades_inferiores_de_corta_duracion_pedaleo_vs_salto), consultado el 08 de marzo 2018.
30. Morse CI, Tolfrey K, Thom JM, Vasilopoulos V. Gastrocnemius muscle specific force in boys and men. *J. Appl. Physiol.* 2008; 104:469-74