

# CONCENTRACIONES SÉRICAS DE LEPTINA Y ZINC: EFECTOS AGUDOS DE LAS DISTINTAS ÓRDENES DE EJECUCIÓN DEL ENTRENAMIENTO CONCURRENTE

## SERUM CONCENTRATIONS OF LEPTIN AND ZINC: ACUTE EFFECTS OF DISTINCTS PERFORM ORDERS OF CONCURRENT TRAINING

Guilherme Rosa<sup>1</sup>

Danielli Mello<sup>1,2</sup>

Rejane Daoud<sup>1</sup>

Aline Abdalla<sup>3</sup>

Antonio J.

Luque Rubia<sup>4</sup>

Estélio Dantas<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Licenciado en CC. de la Educación Física y el Deporte  
Laboratório de Biociências da Motricidade Humana da Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro – LABIMH/UNIRIO – BRASIL

<sup>2</sup>Licenciado en CC. de la Educación Física  
Escola de Educação Física do Exército – EsEFEx/EB – BRASIL

<sup>3</sup>Licenciada Odontologia  
Universidade do Estado do Rio de Janeiro – UERJ – BRASIL.

<sup>4</sup>Especialista en Medicina de la Ed. Física y el Deporte  
Laboratorio de Fisiología del Ejercicio - Universidad Católica de Murcia – UCAM – España.

### RESUMEN

**Objetivo:** Investigar los efectos de las diferentes órdenes de ejecución de entrenamiento concurrente (EC) sobre las concentraciones séricas de leptina y zinc en adultos practicantes de ejercicio físico.

**Método:** 10 sujetos (27,1 ± 4,8 años, IMC 25,49 ± 2,65) fueron sometidos a diferentes sesiones: sesión de control (SC), entrenamiento concurrente 1 (EC1) y entrenamiento concurrente 2 (EC2) con un intervalo de cinco días entre cada uno. Se recogieron muestras de sangre para el análisis de leptina y zinc. La sesión EC1 consistió en ciclismo interior (ciclismo indoor) seguido de entrenamiento con pesas. El entrenamiento EC2 estaba compuesto por los mismos ejercicios con el orden invertido de ejecución: gimnasio y ciclismo indoor después. En la SC los individuos no realizan ejercicio físico. Al final de cada período de sesiones se reunió al grupo para recoger muestras de sangre que permitan comprobar los niveles de estas variables. Se utilizó la prueba de Shapiro-Wilk, Two-way ANOVA y el test post-hoc de Tukey.

**Resultados:** Se observó una reducción significativa en las concentraciones de leptina después de TC1 ( $\Delta = -16,04\%$ ,  $p = 0,05$ ) y TC2 ( $\Delta = -8,54\%$ ,  $p = 0,02$ ), con una reducción significativa después de SC diferencia ( $\Delta = -4,29\%$ ,  $p = 0,11$ ). En cuanto al zinc, no había cambios significativos en los niveles de la variable después de las sesiones TC1 y TC, con una reducción no significativa después de SC ( $\Delta = 8,45$ ;  $p = 0,07$ ).

**Conclusiones:** El EC provocó una reducción de la leptina, independientemente de su orden de ejecución; sin embargo, estas reducciones no fueron acompañadas de cambios significativos en el estado de zinc de las personas.

**Palabras clave:** Leptina. Zinc. Ejercicio. Ejercicios aeróbicos. Ejercicios de resistencia.

### SUMMARY

**Aim:** To investigate the effects of distinct perform orders of concurrent training on serum leptin and zinc concentrations of adults practitioners of physical exercise.

**Methods:** 10 subjects (27,1 ± 4,8 years old, BMI 25,49 ± 2,65) were undergone to distinct sessions: control session (CS) concurrent training 1 (CT1) and concurrent training 2 (CT2) with five days of rest between each session. Leptin and zinc blood samples were collected. CT1 session was characterized by indoor cycle followed by resistance training. CT2 session was composed by the same exercises, however, the perform order was inverted: resistance exercise followed by indoor cycle. In CS session the subjects did not performed physical exercises. At the end of each session, new blood samples were assed to verification the levels of the same variables. Were used Shapiro-Wilk test, Two-way ANOVA and Tukey Post-Hoc test.

**Results:** There was significative reduction on leptin concentrations after CT1 ( $\Delta\% = -16,04$ ;  $p = 0,05$ ) and after CT2 ( $\Delta = -8,54\%$ ,  $p = 0,02$ ), with reduction after SC without statistic significance ( $\Delta\% = -4,29$ ;  $p = 0,11$ ). In relation to zinc, there was no significant changes in the variable levels after TC1 and TC2, with s reduction without significance only after SC ( $\Delta\% = 8,45$ ;  $p = 0,07$ ).

**Conclusions:** CT promoted reductions on serum leptin concentration independently of the perform order, however, such reductions were not followed by significant changes in zinc levels of the subjects.

**Key words:** Leptin. Zinc. Exercise. Aerobic exercise. Resistance exercise.

### CORRESPONDENCIA:

Guilherme Rosa  
R. Piraquara, 879, BL2, Ap508. Realengo. Rio de Janeiro – RJ. Brasil. CEP: 21755-270  
E-mail: grfitness@hotmail.com

**Aceptado:** 28.06.2011 / Original nº 592

## INTRODUCCIÓN

La leptina, codificada en el gen *ob*<sup>1</sup>, se produce principalmente por el tejido adiposo blanco<sup>2</sup>. Es popularmente conocida como “hormona de la saciedad” debido a su acción y a la función del hipotálamo como receptor de la señal aferente de la regulación del peso corporal<sup>2</sup>, ya que las señales del hipotálamo sobre las reservas de energía modulan el funcionamiento del eje hormonal hipotálamo-hipofisario<sup>3</sup>. Investigaciones recientes<sup>4-6</sup> también demostraron la relación entre la leptina y el sistema inmune, debido a que esta hormona actúa como mediadora de las respuestas inflamatorias.

Con el objetivo de regular el apetito y el gasto energético, la leptina actúa a través de receptores<sup>7</sup> que presentan cinco isoformas diferentes: el receptor largo (*Ob-Rb*), los receptores cortos (*Ob-Ra*, *c* e *d*) y los receptores solubles (*Ob-Re*). El receptor largo se expresa en algunas regiones del cerebro y responde a las acciones centrales de la leptina. La isoforma corta del receptor (*Ob-Ra*) está ampliamente distribuida en diferentes tejidos corporales<sup>3,8</sup>. Algunos factores tienen la capacidad de influir en los niveles séricos de leptina, entre éstos está el ejercicio físico<sup>7,9-11</sup> y los niveles séricos de zinc<sup>12-14</sup>.

Algunos estudios han examinado la relación entre la leptina y el ejercicio físico<sup>15-17</sup>, aunque no se ha utilizado en sus protocolos de intervención el entrenamiento concurrente. Este método se caracteriza por la combinación del ejercicio aeróbico y de fuerza en una misma sesión de entrenamiento<sup>18</sup>.

El zinc es un micronutriente que participa en varias reacciones del metabolismo celular, incluyendo procesos fisiológicos tales como el crecimiento y el desarrollo, la defensa antioxidante y la función inmune<sup>19</sup>. Por lo tanto, una disponibilidad suficiente de zinc tiene una importancia crucial para el sistema inmune<sup>20</sup>.

En relación a los efectos del ejercicio sobre los niveles de zinc, el comportamiento de esta variable está directamente relacionada con el tipo, intensidad y duración del mismo<sup>21</sup>.

Por lo tanto, hay una falta de conocimiento en relación a los efectos del entrenamiento concurrente sobre la leptina sérica y el zinc, así como sobre la influencia de la orden de ejecución de este tipo de entrenamiento sobre estas variables.

Así, este estudio pretende investigar los efectos de las diferentes órdenes de ejecución de entrenamiento concurrente (EC) sobre las concentraciones séricas de leptina y zinc en adultos practicantes de ejercicio físico.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Esta investigación es cuasi experimental, ya que trata de establecer relaciones de causa y efecto entre las variables investigadas<sup>22</sup>.

### Muestra

Fue utilizada una muestra de diez voluntarios del sexo masculino ( $27,1 \pm 4,8$  años;  $74,89 \pm 0,30$  Kg;  $172 \pm 0,03$  cm;  $IMC 25,38 \pm 0,09$ ), que practicaban ejercicio físico regularmente durante al menos seis meses, con una frecuencia semanal de al menos tres días y sin factores de riesgo evidentes que pudieran impedir su participación en el estudio de acuerdo a los criterios Estratificación del riesgo de la Asociación Americana del Corazón<sup>23</sup>.

Los sujetos firmaron un consentimiento informado para participar en un proyecto de investigación con seres humanos, de conformidad con las normas de la Declaración de Helsinki (24). Este estudio, como proyecto de investigación, fue presentado y aprobado (protocolo bajo el N.º 0189/2008) por el Comité de Ética en Investigación con Seres Humanos de la Universidad Castelo Branco - UCB / RJ.

### Recogida de datos

En la primera etapa se tomaron medidas de peso corporal y talla para el cálculo del índice de masa corporal (IMC), con el objetivo de evaluar las características antropométricas de la muestra.

Para la evaluación de la masa corporal y la altura se utilizó una báscula mecánica con una capacidad de 150 kg y una precisión de 100 g con el estadiómetro de la firma Filizola® (Brasil). Los procedimientos aplicados para la toma de medidas fueron los establecidos por la International Society for the Advancement of kinanthropometry<sup>25</sup>. El valor de IMC se obtuvo por la relación de la masa corporal en kilogramos y la altura en metros al cuadrado ( $\text{kg}/\text{m}^2$ )<sup>26</sup>.

Por otra parte, en esta misma etapa, los sujetos estaban respondiendo al cuestionario de la AHA / ACSM con los criterios para la estratificación del riesgo para el ejercicio físico<sup>23</sup>.

En la segunda etapa de la recogida de datos, los sujetos se sometieron a una prueba de una repetición máxima (1RM)<sup>27</sup> en los ejercicios de remada con apoyo leg press 45°, press banca, extensión de la rodilla (extensión de la cadera), flexión del codo (HBM), flexión de rodilla (cadera flexora) y la extensión del codo (polea alta), que permite medir la carga máxima y el cálculo posterior de la intensidad del entrenamiento.

Después de estos procedimientos, y con el objetivo de proporcionar la familiaridad de esas personas con la escala OMNI de esfuerzo percibido para el ciclismo<sup>28</sup>, los sujetos realizaron una clase de ciclismo indoor con esta escala.

### **Intervención ó Procedimiento Metodológico**

Los sujetos se sometieron a tres sesiones diferentes: sesión control, entrenamiento concurrente 1 (EC1) y entrenamiento concurrente 2 (EC2). El intervalo entre las sesiones era de cinco días, en los que los sujetos siguieron la rutina normal de dormir, comer y hacer ejercicio.

#### **Sesión control**

Se recogieron muestras de sangre con el fin de analizar los niveles basales de leptina y zinc. Se recomendó a los participantes en el estudio un ayuno de 12 horas. Ninguno de los participantes

realizo ningún tipo de actividad física el día antes de la sesión.

Las muestras de sangre fueron recogidas en el sitio de la intervención por un equipo de técnicos cualificados en medicina pertenecientes al laboratorio Sergio Franco – Brasil, y fueron almacenadas en una caja térmica con hielo para que se preservasen; ya en el laboratorio se analizaron las muestras por el método de radioinmunoensayo para la medición de la leptina en suero, y de la absorción atómica para medir los niveles de zinc.

Las concentraciones de leptina fueron evaluadas por duplicado mediante radioinmunoensayo, usando un equipo comercial (Linco Research, St. Charles, MO) con un anticuerpo recombinante anti-leptina humana purificada. Se encontró una estabilidad excelente de la leptina plasmática y los coeficientes de variación inter e intraensayo fueron del 8,3% y 3,4%, respectivamente.

Las muestras de sangre para determinación de la concentración de Zn, diluidas en agua destilada, fueron inyectadas y atomizadas en la llama en un equipo Varian Spectra AA220 (Melbourne, Australia), registrándose el valor de la absorbancia. Las condiciones de lectura fueron: lámpara de cátodo hueco de Zn, longitud de onda: 213,9 nm, corriente de lámpara: 5 mA, composición de la llama: aire-acetileno con estequiometría oxidante.

Después de eso, los sujetos realizaron el desayuno estandarizado, que consiste en: 200 ml de yogur 0% grasa, dos rebanadas de pan de trigo luz, 30 g de queso fresco, margarina vegetal 10g y un plátano mediano. Dos horas después de la primera colecta, fue realizada una nueva recogida de muestras sanguíneas. Estos procedimientos ocurrieron entre las 6:30 am y 8:30 pm.

#### **Sesión EC1**

Para esta sesión, que se produjo cinco días después de la sesión de control, se recogió sangre siguiendo el mismo procedimiento adoptado en la sesión de control. Cuarenta minutos después del desayuno, el grupo realizó una sesión de

entrenamiento en la que compiten en orden respectivo: Clase de ciclismo indoor con el método continuo, que dura unos 40 minutos, y de una intensidad entre 5 y 7 de la escala OMNI de esfuerzo percibido para el ciclismo<sup>28</sup>, como se muestra en la Tabla 1. A continuación, se llevó a cabo una sesión de entrenamiento con pesas compuesta de tres series de repeticiones realizadas hasta el agotamiento para cada ejercicio en el que se realizó el test de 1RM. La intensidad fue del 85% de 1RM para todos los ejercicios, el intervalo entre las series fue de 2-3 minutos, y se repitió el orden de los ejercicios descritos anteriormente.

Después de estos procedimientos, los sujetos se sometieron a una nueva toma de muestras de sangre para el análisis de las mismas variables.

## Sesión EC2

En esta sesión, se siguieron los mismos procedimientos que en las sesiones anteriores, incluso con respecto a la intensidad del ejercicio; sin embargo, la orden del entrenamiento fue revocada: Sesión de entrenamiento con pesas seguida de la clase de ciclismo indoor. El entrenamiento con pesas en este grupo fue

precedida por diez minutos de calentamiento en un tapiz rodante con una intensidad entre el 55% y el 60% de reserva de la frecuencia cardíaca (RFC)<sup>23</sup>.

Durante las sesiones de control y entrenamiento concurrente los sujetos consumieron sólo agua (500 ml ad libitum). En la Figura 1 se presenta el diseño experimental del estudio.

## Análisis Estadístico

Todos los procedimientos estadísticos fueron procesados utilizando el programa Statistical Package for the Social Sciences (SPSS 10.0, Chicago, EE.UU.). Se utilizó estadística descriptiva para presentar los valores de las medidas de tendencia central (media) y dispersión (desviación estándar). Para analizar la normalidad de los datos se utilizó la prueba de Shapiro-Wilk y para el análisis de la diferencia observada entre los grupos se utilizó el Two-way ANOVA y el post hoc Tukey. Más allá de los procedimientos descritos, se utilizó el análisis de correlación lineal de Pearson entre las variables leptina y zinc. Se utilizó el valor de  $p < 0.05$  para la significación estadística.

Tiempo (min)	Fase	Intensidad (OMNI)
1-5	Calentamiento	2-4
5-35	Entrenamiento continuo	5-7
35-40	Vuelta a la cama	0-2

**TABLA 1.**  
Protocolo para el Ciclismo Indoor

	PRE	POS	%	p-valor	PRE	POS	%	p-valor
SC	5,12	4,90	-4,29	0,11	801,100	868,70	8,45	0,007
DE	1,01	0,83	-	-	87,49	78,21	-	-
EC1	9,97	8,37§**	-16,04	0,05	933,70	978,30	4,77	0,49
DE	6,12	4,99	-	-	115,55	213,78	-	-
EC2	10,07	9,21§**	-8,54	0,02	1302,10	1264,30	-2,90	0,12
DE	2,22	2,21	-	-	81,50	86,76	-	-

**TABLA 2.**  
Resultados de las variables sanguíneas después de las distintas sesiones

Leyenda: SC: Sesión Control; EC1: Sesión entrenamiento Concurrente 1; EC2: Sesión entrenamiento Concurrente 2; DE: Desviación estándar §: Diferencia significativa ( $p < 0,05$ ) intergrupos; \*\*: Diferencia significativa ( $p < 0,05$ ) intragrupos

## RESULTADOS

Se presentan en la Tabla 2 los resultados de los valores séricos de leptina y zinc en los momentos antes (PRE) y después (POST) de las sesiones que componen el estudio. Hubo una reducción significativa ( $p < 0.05$ ) en los niveles de leptina después de las sesiones EC1 y EC2.

En cuanto a los niveles de zinc, hay un aumento de los niveles de la variable en todas las sesiones, excepto el EC2, donde hubo una reducción de los valores. Tanto el aumento que se produjo en las sesiones de control y en EC1, cuánto las reducciones observadas en EC2 no fueron estadísticamente significativas.

La Tabla 3 presenta el análisis de la correlación existente entre las variables en el momento pre y post intervención, abarcando las tres sesiones

que comprenden el estudio. Hubo correlación alta y significativa ( $p < 0.05$ ) entre las variables séricas leptina y zinc sólo en el SC pre.

## DISCUSIÓN

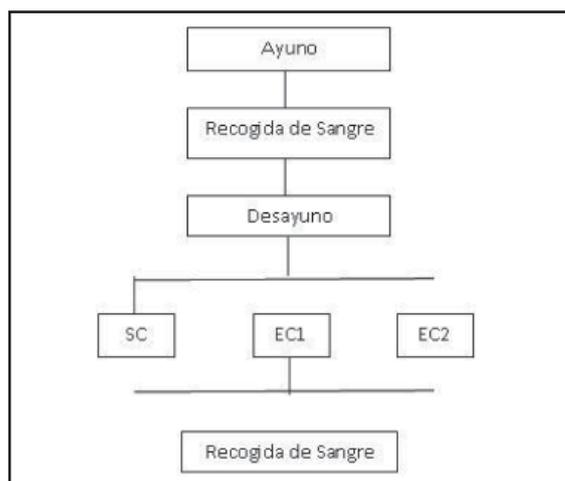
Los datos obtenidos en este estudio son coherentes con los estudios de Rosa *et al.*<sup>11</sup>, Negroa y Licinio<sup>7</sup>, Klimcacova<sup>9</sup>, Izquierdo *et al.*<sup>10</sup>, Arikian *et al.*<sup>41</sup>, los cuales confirmaron que el ejercicio es capaz de ejercer influencia sobre los niveles de leptina.

El protocolo de intervención utilizado en este estudio se caracteriza por las distintas órdenes de ejecución de la formación simultánea, que causó una reducción en los niveles de esta variable tanto en la sesión de entrenamiento, en la que se llevó a cabo el ejercicio aeróbico antes de los ejercicios de fuerza (EC1), como en la sesión donde el ejercicio de fuerza precedió al ejercicio aeróbico (EC2).

Estos resultados corroboran los datos Kanaley<sup>15</sup>, Landt<sup>16</sup>, Keller<sup>17</sup> y Jürimäe<sup>29</sup>, que analizaron las respuestas de esta hormona para el entrenamiento aeróbico o de resistencia realizados de forma aislada y observaron una reducción en los niveles de esta variable.

Perusse *et al.*<sup>30</sup> no encontraron efectos del ejercicio agudo y crónico sobre los niveles plasmáticos de leptina, a diferencia de nuestro estudio en el que aparece una reducción significativa en los niveles de esta variable.

**FIGURA 1.**  
Diseño experimental del estudio



**TABLA 3.**  
Correlación (r) y p-valor entre las variables en las distintas sesiones.

		SC		EC1		EC2	
		Leptina PRE	Leptina POS	Leptina PRE	Leptina POS	Leptina PRE	Leptina POS
Zinc	r	-0,90§	-0,57*	-0,07	0,05	0,01	0,24
PRE	p-valor	0,00	0,08	0,83	0,87	0,95	0,50
Zinc	r	-0,37*	-0,55*	-0,18	-0,03	-0,47*	-0,20
POS	p-valor	0,28	0,09	0,59	0,92	0,16	0,56

§: Alta Correlación entre las variables; \*: Correlación moderada entre las variables

Los estudios previos<sup>31-37</sup> utilizan la formación simultánea en sus protocolos de intervención, sin embargo, ninguno de los estudios en los que se aplica esta estrategia de capacitación tiene como objetivo investigar su efecto sobre los niveles de leptina.

La investigación de Lira<sup>38</sup> abordó los efectos de las distintas órdenes de ejecución del entrenamiento concurrente, sin embargo, su trabajo muestra los efectos del entrenamiento sobre el consumo de oxígeno después del ejercicio, y no en los niveles de leptina.

En su investigación, Rosa *et al.*<sup>11</sup>, utilizarán como protocolo de intervención el entrenamiento concurrente con características similares al EC1 del presente estudio en cuanto a las modalidades utilizadas, el número de ejercicios, el orden de ejecución, la intensidad y el intervalo de tiempo. Sus resultados muestran que, como en el presente estudio, una sesión de entrenamiento concurrente fue capaz de inducir una reducción significativa en los niveles de leptina.

Además del ejercicio físico, el zinc también puede influir en los niveles séricos de leptina<sup>39</sup>.

Para Koury y Donangelo<sup>21</sup>, el comportamiento de los niveles de zinc después del ejercicio dependen directamente de la intensidad y la duración del mismo. No hubo cambios significativos en los niveles de zinc de los sujetos de este estudio, sin embargo, los niveles de leptina mostraron una reducción significativa después de los entrenamientos concurrentes.

El estudio realizado por Chen *et al.*<sup>14</sup> mostró mayores niveles de leptina y los valores más bajos de zinc en el grupo experimental en comparación con los controles, lo que indica la existencia de una relación inversa entre las variables.

Kwun *et al.*<sup>40</sup> investigaron la relación entre la deficiencia de zinc y la regulación de la ingesta de alimentos mediante la evaluación de la expresión del gen de la leptina. Sus resultados muestran una reducción significativa de la expresión de la leptina en el grupo que recibió una dieta deficien-

te en zinc. En este estudio la reducción de los niveles de leptina no fue acompañada por cambios significativos en los niveles de zinc.

Baltaci *et al.*<sup>13</sup> observaron que la deficiencia de zinc causa la inhibición en los niveles superiores de la leptina. En su investigación, los niveles de leptina y zinc fueron más bajos en el marco de la deficiencia de zinc, y mayores en aquellos que recibieron la dieta normal y los suplementos de zinc.

La investigación o el estudio de Casimiro Lopes *et al.*<sup>39</sup> no muestra ninguna correlación significativa entre la leptina y zinc en los hombres. A pesar de utilizar una muestra compuesta por individuos del mismo sexo, dicha correlación no se observó entre las variables en el presente estudio.

El estudio realizado por Zuleta y *et al.*<sup>4</sup> puso de manifiesto la sinergia entre la leptina y otras citoquinas en la patogénesis de la inflamación y los trastornos autoinmunes. Para Iikuni *et al.*<sup>5</sup>, la producción de leptina por el tejido adiposo facilita la secreción de citocinas proinflamatorias. Además, Conde *et al.*<sup>6</sup> muestran una clara asociación entre los niveles elevados de leptina y las enfermedades autoinmunes, permitiendo considerar a esta hormona como un mediador honesto de las respuestas inmunitarias e inflamatorias.

Desde esta perspectiva, la reducción en los niveles de leptina observados en este estudio sugiere que una sesión de entrenamiento concurrente puede ejercer una influencia positiva sobre los trastornos inflamatorios y autoinmunes.

## CONCLUSIÓN

Los resultados de este estudio demuestran que una sola sesión de entrenamiento fue capaz de causar una reducción significativa ( $p < 0.05$ ) en los niveles séricos de leptina en los adultos que hacen ejercicio con independencia de su orden de ejecución.

La reducción en los niveles de leptina no fue acompañada por cambios significativos en el estado de zinc de las personas. Este hecho se

evidencia en la falta de correlación entre las variables después de las sesiones de entrenamiento.

Debido a la escasez de estudios sobre este tema se recomiendan más estudios para

relacionar el entrenamiento concurrente en los niveles séricos de leptina y zinc, así como el comportamiento de estas variables en respuesta a otras formas de ejercicio físico.

## B I B L I O G R A F Í A

1. **Blüher S, Mantzoros C.** Leptin in humans: lessons from translational research. *Am J Clin Nutr* 2009; 89:991S-7S.
2. **Klaus S.** Adipose tissue as a regulator of energy balance. *Curr Drug Targets* 2004; 5(3):1-10.
3. **Ribeiro S, Santos Z, Silva RW, Louzada E, Donato Júnior J, Tirapegui J.** Leptina: Aspectos sobre o balanço energético, exercício físico e amenorréia do esforço. *Arq Bras Endocrinol Metab* 2007; 51(1):11-24.
4. **Zulet M, Puchau B, Navarro C, Martí A, Martínez Hernández JÁ.** Biomarcadores del estado inflamatorio: nexo de unión con la obesidad y complicaciones asociadas. *Nutrición Hospitalaria* 2007; 22(5):511-27.
5. **Iikuni N, Queenie LKL, Liwei L, Matarese G, La Cava A.** Leptin and inflammation. *Curr Immunol Rev* 2008;4(2):70-9.
6. **Conde J, Scotece M, Gómez R, Gómez-Reino JJ, Lago F, Gualillo O.** At the crossroad between immunity and metabolism: focus on leptin. *Expert Rev Clin Immunol* 2010;6(5):801-8.
7. **Negrão AB, Licinio J.** Leptina: o diálogo entre adipócitos e neurônios. *Arq Bras Endocrinol Metab* 2000;44(3):205-14.
8. **Hulver MW.** Plasma leptin and exercise: recent findings. *Sports Med* 2003;33(7):473-82.
9. **Klimcacova E, Ploak J, Moro C, Hejnova J, Stich V.** Dynamic strength training improves insulin sensitivity without altering plasma levels and gene expression of adipokines in subcutaneous adipose tissue in obese men. *J Clin Endocrinol Metab* 2006;91:5107-12.
10. **Izquierdo M, Ibañez J, Calbet JAL, Navarro-Amezqueta I, González-Izal M, Idoate F, Häkkinen K, Kraemer WJ, Palacios-Sarrasqueta M, Almar M.** Cytokine and hormone responses to resistance training. *Eur J Appl Physiol* 2009;107(4):397-409.
11. **Rosa G, Cruz I, Mello DB, Fortes MSR, Dantas EHM.** Plasma levels of leptin in overweight adults undergoing concurrent training *International SportMed Journal* 2010;11(3):356-362.
12. **Gómez-García A, Hernández-Salazar E, González-Ortiz M, Martínez-Abundis E.** Efecto de la administración oral de zinc sobre sensibilidad a la insulina y niveles séricos de leptina y andrógenos en hombres con obesidad. *Rev Méd Chile* 2006;134:279-84.
13. **Baltaci A, Mogulkoc R, Halifeoglu I.** Effects of zinc deficiency and supplementation on plasma leptin levels in rats. *Biol Trace Elem Res* 2005;104(1):41-6.
14. **Chen M, Song YM, Lin PY.** Zinc may be a mediator of leptin production in humans. *Life Sciences* 2000;66(22):2143-9.
15. **Kanaley JA, Fenicchia LM, Miller CS, Carhart R, Azevedo JL.** Resting leptin responses to acute and chronic resistance training in type 2 diabetic men and women. *Int J Obes Relat Metab Disord* 2001;25(10):1474-80.
16. **Landt M, Lawson GM, Helgeson JM, Ladenson JH, Jaffe AS, Hickner RC.** Prolonged exercise decreases serum leptin concentrations. *Metabolism* 1997;46(10):1109-12.
17. **Keller P, Keller C, Steensberg A, Robinson LE, Pedersen BK.** Leptin gene expression and systemic levels in healthy men: effect of exercise,

- carbohydrate, interleukin-6, and epinephrine. *J Appl Physiol* 2005;98:1805-12.
18. **Bell GJ, Syrotuik D, Martin TP, Burnhan R, Quinney HA.** Effect of concurrent strength and endurance training on skeletal muscle properties and hormone concentrations in humans. *Eur J Appl Physiol* 2000;81:418-27.
  19. **Mafra D, Cozzolino SMF.** Importância do zinco na nutrição humana. *Revista de Nutrição* 2004;17:79-87.
  20. **Plum L, Rink L, Haase H.** The essential toxin: impact of zinc on human health. *Int J Environ Res Public Health* 2010;7:1342-65.
  21. **Koury JC, Donangelo CM.** Zinco, estresse oxidativo e atividade física. *Revista de Nutrição* 2003;16:433-41.
  22. **Thomas JR, Nelson JK, Silverman SJ.** Métodos de pesquisa em atividade física. 5 ed: Artmed Editora; 2007.
  23. **ACSM's Guidelines For Exercise Testing And Prescription.** 7th ed: Lippincott Williams & Wilkins; 2006.
  24. **W.M.A.** Declaration of Helsinki. Ethical Principles for Medical Research Involving Human Subjects. 59th WMA General Assembly, Seoul 2008.
  25. **Marfell-Jones M.** International standards for anthropometric assessment. ISAK: Potchefsroom, South Africa 2006.
  26. **Nihiser AJ, Lee SM, Wechsler H, McKenna M, Odom E, Reinold C, et al.** BMI Measurement in Schools. *Pediatrics* 2009;124:S89-S97.
  27. **Baechle TR, Earle RW.** Essentials of strength training and conditioning: Champaign: human kinetics; 2000.
  28. **Robertson RJ, Goss FL, Dubé J, Rutkowski J, Dupain M, Brennan C, Andreacci J.** Validation of the adult OMNI scale of perceived exertion for cycle ergometer exercise. *Med Sci Sports Exerc* 2004;36(1):102-8.
  29. **Jürimäe J, Jürimäe T.** Leptin responses to short term exercise in college level male rowers. *Br J Sports Med* 2005;39(1):6-9.
  30. **Pe´russe L, Collier G, Gagnon J, Leon AS.** Acute and chronic effects of exercise on leptin levels in humans. *J Appl Physiol* 1997;83(1):5-10.
  31. **Dantas EHM, Viana MV, Cader SA, Fernandes-Filho J, Perez AJ.** Effects of a programme for years enderers physical force on the muscle and body composition of adults. *Sport Sci Health* 2008;4:15-9.
  32. **Davis WJ, Wood DT, Andrews RG, Elkind L, Davis WB.** Concurrent training enhances athletes cardiovascular and cardiorespiratory measures. *J Strength Cond Res* 2008;22(5):1503-14.
  33. **Davis WJ, Wood DT, Andrews RG, Elkind L, Davis WB.** Concurrent training enhances athletes strength, muscle endurance, and other measures. *J Strength Cond Res* 2008;22(5):1487-502.
  34. **Izquierdo M, Hakkinen K, Ibáñez J, Kraemer W, Gorostiaga E.** Effects of combined resistance and cardiovascular training on strength, power, muscle cross-sectional area, and endurance markers in middle-aged men. *Eur J Appl Physiol* 2005;94:70-5.
  35. **McCarthy JP, Pozniak MA, Agre JC.** Neuromuscular adaptations to concurrent strength and endurance training. *Med Sci Sports Exerc* 2002;34(3):511-9.
  36. **Raddi L, Gomes RV, Charro MA, Bacurau RFP, Aoki MS.** Treino de corrida não interfere no desempenho de força de membros superiores. *Rev Bras Med Esporte* 2008;14(6):544-7.
  37. **Aoki MS, Pontes-Júnior FL, Navarro F, Uchida MC, Bacurau, RFP.** Suplementação de carboidrato não reverte o efeito deletério do exercício de endurance sobre o subseqüente desempenho de força. *Rev Bras Med Esporte* 2003;9:282-7.
  38. **Lira FS, Oliveira RSE, Julio UF, Franchini E.** Consumo de oxigênio pós-exercícios de força e aeróbio: efeitos da ordem de execução. *Rev Bras Med Esporte* 2007;13(6):402-6.
  39. **Casimiro-Lopes G, de Oliveira-Junior AV, Portella ES, Lisboa PC, Donangelo CM, Moura EG, Koury JC.** Plasma leptin, plasma zinc, and plasma copper are associated in elite female and male judo athletes. *Biol Trace Elem Res* 2009;127(2):109-15.
  40. **Kwon I, Cho Y, Lomeda R, Kwon S, Kim Y, Beattie J.** Marginal zinc deficiency in rats decreases leptin expression independently of food intake and corticotrophin-releasing hormone in relation to food intake. *Br J Nutr* 2007;98:485-9.
  41. **Arikan S, Akkus H, Halifeoglu I, Baltaci A.** Comparison of plasma leptin and zinc levels in elite athletes and sedentary people. *Cell Biochem Funct* 2008;26(6):655-8.