

Monograph

# Efectos de un Programa de Entrenamiento con Sobrecarga de 10 semanas sobre los Niveles Agudos de Citoquinas

Nunes João Elias Dias<sup>1,2</sup>, De Agostini Guilherme Gularte<sup>1</sup>, Nicioli Cristiane<sup>2</sup>, Ferreira Fabiano Cândido<sup>2</sup>, Baldissera Vilmar<sup>2</sup> y Perez Sérgio Eduardo De Andrade<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Laboratory of the Physiology of Performance/ Federal University of Uberlândia, Uberlândia, Brasil.

<sup>2</sup>Laboratory of the Physiology of Exercise/ Federal University of São Carlos, São Carlos, Brasil.

## RESUMEN

Las evidencias sugieren que el ejercicio puede inducir la producción de citoquinas. Evaluamos el efecto de un programa de entrenamiento con sobrecarga en circuito de 10-semana (CRTP) en el efecto agudo de dos tests de fatiga (FT), el press de banca (BP) y press de piernas a 45° (LP), sobre las concentraciones plasmáticas de IL-6, IL-8, IL-10, IL-1 $\beta$  y TNF $\alpha$ . Voluntarios realizaron dos FT, que fueron realizados en tres series al 50% de 1-RM hasta el agotamiento con intervalos de 1 minuto entre las series, antes y después del CRTP. En el estudio participaron un total de 14 mujeres no entrenadas, de 39,8 $\pm$ 3,9 años, 60,6 $\pm$ 6,6 kg y 163,6 $\pm$ 6,6 cm. Las concentraciones plasmáticas de IL-8 obtenidas en el ejercicio LP, medidas antes y después del FT y antes y después de los períodos de entrenamiento fueron (Pre: 4,4 $\pm$ 2,6 y 5,7 $\pm$ 1,0 pg/mL, p=0,333) y (Post: 6,4 $\pm$ 1,3 y 6,5 $\pm$ 2,1 pg/mL, p=0,797), respectivamente. En el ejercicio en BP, los niveles fueron (Pre: 3,7 $\pm$ 3,9 y 9,0 $\pm$ 2,6 pg/mL, p=0,057) y (Post: 5,7 $\pm$ 2,1 y 7,1 $\pm$ 2,3 pg/mL, p=0,164). IL-6, IL-10, IL-1 $\beta$ , y TNF $\alpha$  no alcanzaron el límite mínimo de detección. Por lo tanto nuestros resultados apoyan la idea que los dos FT realizados no provocaron el estrés suficiente para alterar la citoquinemia.

**Palabras Clave:** respuesta inmune, fatiga, press de banca, press de piernas, mujeres

## INTRODUCCION

Las citoquinas son proteínas pleiotrópicas producidas potencialmente por todos los núcleos de las células del cuerpo. (20) La evidencia sugiere que el ejercicio es un factor de inducción de la producción de citoquinas, por parte del sistema inmunológico y el músculo esquelético (18) y el perfil de las citoquinas producidas depende del tipo de ejercicio así como también de su intensidad y duración (10).

Sin embargo, muy pocos estudios han estudiado el perfil de citoquinas durante y después de los ejercicios con sobrecarga. Brenner et al. (1999) (3) observaron alteraciones inmunes y cambios en el perfil de citoquinas IL-6, IL-10 y TNF- $\alpha$  en cuatro condiciones experimentales diferentes: control (5 horas sentados), 5 minutos de ejercicios en bicicleta ergométrica (a 90% de VO<sub>2max</sub>), 2 horas de ejercicios en bicicleta ergométrica (a 60-65% de VO<sub>2max</sub>) y una sesión de ejercicios con

sobrecarga en circuito, con cinco estaciones y 3 series de 10 repeticiones a 60-70% de 1-RM en cada estación. No se encontraron aumentos significativos en los niveles plasmáticos de citoquinas, en ninguna de las condiciones experimentales, excepto en el ejercicio prolongado (2 horas de ejercicio en bicicleta ergométrica).

Se han observado aumentos considerables en la concentración de citoquinas plasmáticas después de ejercicios exhaustivos tales como maratones (12), triatlones (13) y competencias de ciclismo (6), con una duración superior a una hora y de intensidad competitiva. También se ha demostrado que los ejercicios con sobrecarga alteran el perfil de las citoquinas produciendo daño muscular; sin embargo, éstos eran ejercicios que priorizaban exclusivamente la fase excéntrica del movimiento (1, 9). Mientras que la respuesta inmune al entrenamiento aeróbico ha recibido gran atención, es mucho menos lo que se conoce, sobre los cambios agudos en las citoquinas circulantes inducidos por una sola sesión de entrenamiento con sobrecarga o luego de varias sesiones de entrenamiento (16).

Por lo tanto el objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de un programa de entrenamiento con sobrecarga en forma de circuito con acción aguda de dos tests de fatiga (pres de banca y press de piernas a 45°), sobre los niveles de citoquinas plasmáticas entre las que se incluyen interleucina 8 (IL-8), interleucina 10 (IL-10), interleucina 6 (IL-6), interleucina 1β (IL-1β) y factor de necrosis tumoral-α (TNF-α).

## METODOS

---

### Sujetos

En este estudio participaron en el total, 14 mujeres sedentarias (no habían participado en ninguna actividad física de manera regular durante por lo menos un año), con una edad promedio de  $39,8 \pm 3,9$  años, peso  $57,8 \pm 7,8$  kg y talla  $163,6 \pm 6,6$  cm.

Todas fueron sometidas a una evaluación clínica previa y fueron considerados saludables, no fumadoras y tenían un ciclo menstrual normal. Las voluntarias fueron informadas sobre los posibles riesgos del estudio. Todas prometieron no consumir ninguna medicina durante el entrenamiento. Además firmaron un formulario de consentimiento que fue aceptado, junto con el proyecto de esta investigación, por el Comité de Ética e Investigación de la Universidad de São Carlos.

### Procedimientos

Los tests de fatiga y de una repetición máxima (1-RM) fueron realizados en los ejercicios en press de piernas a 45° y press de banca. Antes y después del período de intervención que consistió de 10 semanas de entrenamiento de sobrecarga en circuito, se realizó la determinación de la masa corporal magra. Para analizar el perfil de citoquinas, se tomaron muestras de sangre antes y después de los tests de fatiga. Cada voluntaria tenía establecido su tiempo de evaluación y entrenamiento, antes del comienzo de las evaluaciones. Este procedimiento permitió que cada participante realizara las evaluaciones y el entrenamiento siempre en el mismo momento hasta el final de la investigación. Se solicitó a las participantes que no realizaran ningún tipo de ejercicio durante el período de investigación.

Los tests de 1-RM se realizaron en el mismo día, con intervalos de 20 minutos y el orden para realizar las pruebas fue establecido al azar. La entrada en calor se realizó con tres series de ejercicio. La primera serie fueron 20 repeticiones con el peso de la máquina, la segunda, 10 repeticiones con aprox. 50% de 1-RM estimada y la tercera 3 repeticiones con aprox. 70% de 1-RM estimada con un intervalo de un minuto.

Los procedimientos utilizados para la entrada en calor y las evaluaciones, concuerdan con los procedimientos establecidos en el trabajo de revisión de Brown & Weir (2001) (4). Una semana antes del test, las participantes realizaron una sesión de familiarización con los equipos y procedimientos adoptados. El test consistió en un máximo de cinco intentos con intervalos de tres minutos, y en cada intento se agregaba la carga. El movimiento comenzaba en la fase excéntrica. Todas las participantes pudieron obtener sus 1-RM dentro de los cinco intentos, con una media  $\pm$  desviación estándar de  $3,9 \pm 0,7$  intentos. Las voluntarias fueron orientadas para realizar los movimientos en su amplitud completa. Cuando este procedimiento no era obedecido, el intento se consideraba inválido.

Adicionalmente, todas las participantes recibieron un estímulo verbal por el mismo evaluador.

Los test de fatiga también se hicieron con dos ejercicios diferentes, con un intervalo de 48 h y el orden fue definido por sorteo. Los tests consistieron en tres series separadas por intervalos de un minuto, con intensidades del 50% de 1-RM y las voluntarias fueron instruidas para hacer el número máximo de repeticiones hasta que se produjera el fallo en el

movimiento concéntrico. Antes de la realización del test de fatiga, las participantes realizaron una entrada en calor estándar con una serie de 20 repeticiones con peso (equipo de press de piernas con 26 kg y equipo de press de banca con 9 kg). Las participantes fueron orientadas para efectuar los movimientos en toda su amplitud. Cuando el procedimiento no era obedecido, la repetición no se incluía. El tiempo de movimiento se estandarizó en 1,5 s para la fase excéntrica y 1,5 s para la fase concéntrica. Sin embargo, la prueba no se interrumpía si el tiempo no se cumplía durante la última repetición de cada serie. Para el ejercicio en press de piernas, las participantes se situaron con los pies separados por una distancia equivalente al ancho de hombros y se las instruyó para que mantuvieran los pies totalmente apoyados en la plataforma durante la ejecución del movimiento. En el ejercicio en press de banca el ancho del agarre fue fijado con la barra descansando sobre el pecho y el codo formando un ángulo de 90 grados.

La masa corporal magra (LBM) fue analizada, antes y después del período de entrenamiento, mediante DXA (Absorciometría de Rayos X de Energía Dual-energía) *LUNAR® trend*, modelo DPX Plus #6243, EE.UU., con *software* versión 4,7, con un coeficiente de la variación in vivo de 0,9-1,1%, con las participantes colocadas en posición decúbito dorsal.

La resistencia muscular se determinó a través del número de repeticiones realizadas en la primera serie de tests de fatiga, realizadas antes y después del entrenamiento (5).

Para analizar las citoquinas en el tests de fatiga, las voluntarias fueron divididas en 2 grupos de 7, un grupo para press de piernas a 41° y un grupo para press de banca. Como no fue posible realizar la punción venosa en dos voluntarias después de los tests, los grupos quedaron constituidos por seis participantes. Antes y después de los tests de fatiga, antes (pre) y una semana después (post) del entrenamiento, se extrajeron muestras de sangre de 5 mL de la vena antecubital con las voluntarias sentadas y fueron colocadas en un tubo de vidrio (*Vacutainer*). Los tubos fueron conservados en hielo y posteriormente fueron centrifugados a 2500 rpm, a 4°C durante 20 min. El plasma fue separado de las células y conservado a -80 C° para el análisis posterior de citoquinas IL-8, IL-10, IL-6, IL-1β, y TNF-α, por citometría de flujo (*BD FACS Canto-Flow Cytometer - EE.UU.*).

Durante los tests de fatiga, se extrajeron 25µl de sangre del lóbulo de la oreja en tubos capilares con heparina, en los siguientes momentos: Descansando (REST), inmediatamente después de la primera (AS1), segunda (AS2) y tercera (AS3) serie de tests de fatiga, y 5 min después del test (5 mA). Las muestras fueron guardadas en tubos tipo *ependorf* que contenían 50 µl de fluoruro de sodio y fueron colocadas en un congelador a -20 C° para el análisis posterior en un analizador de lactato (*YELLOW SPRINGS 1500, EUA*).

El índice de lactato para la masa corporal magra se obtuvo dividiendo la concentración de lactato en sangre (mmol/L) en los tests de fatiga por la masa magra corporal, tanto para press de piernas a 45° como para press de banca. Éste representa la contribución anaeróbica láctica relacionada a la masa magra corporal en los tests de fatiga antes y después del entrenamiento.

Las voluntarias realizaron el entrenamiento con sobrecarga en forma de circuito con pocas repeticiones durante un período de 10 semanas, 3 veces por semana. En cada sesión de entrenamiento se completaron dos vueltas del circuito, excepto en la primera que solo se realizó una vuelta para permitir la adaptación al entrenamiento. El circuito consistió en 9 ejercicios en el siguiente orden: sentadilla en máquina Smith, dorsales en polea al pecho con agarre amplio, press de banca con barra con guía, press de piernas a 45°, remo a un brazo con mancuerna (empezando con el miembro no-dominante), press con mancuernas inclinados, flexión de rodillas, remo alto con agarre ancho y flexiones del tronco o crunch.

El intervalo entre cada ejercicio y entre el regreso al circuito se fijó en un minuto. La carga de entrenamiento se determinó entre 8 y 12 repeticiones máximas (RM). Antes de comenzar, en la primera sesión de entrenamiento, se realizaron dos vueltas en el circuito para ajustar las cargas. Al principio de cada sesión, se realizó una entrada en calor estándar.

Todos los entrenamientos fueron dirigidos por un entrenador personal quien corregía las malas posturas y ajustaba las cargas. El aumento de la carga se realizaba cuando las participantes realizaban más de 12 repeticiones en una serie para cualquiera de los ejercicios.

### **Análisis Estadísticos**

El test de normalidad (Shapiro Wilkes) se aplicó a todas las variables. En aquellos casos donde se observaron distribuciones que no eran normales, se aplicó el test de Muestras Apareadas de Wilcoxon.

Una vez que se confirmó la normalidad de los datos en las variables antes y después del entrenamiento, se realizó el Test-t de Student para las muestras dependientes. En ambos tests, el nivel de significancia considerado fue  $p < 0,05$ . En el análisis de citoquinas, según el tamaño muestral empleado en las observaciones apareadas ( $N = 6$ ), el estudio presentó una potencia de 25,5%. Para realizar los análisis estadísticos, se utilizó el software *Statistics* versión 6,0, EE.UU.

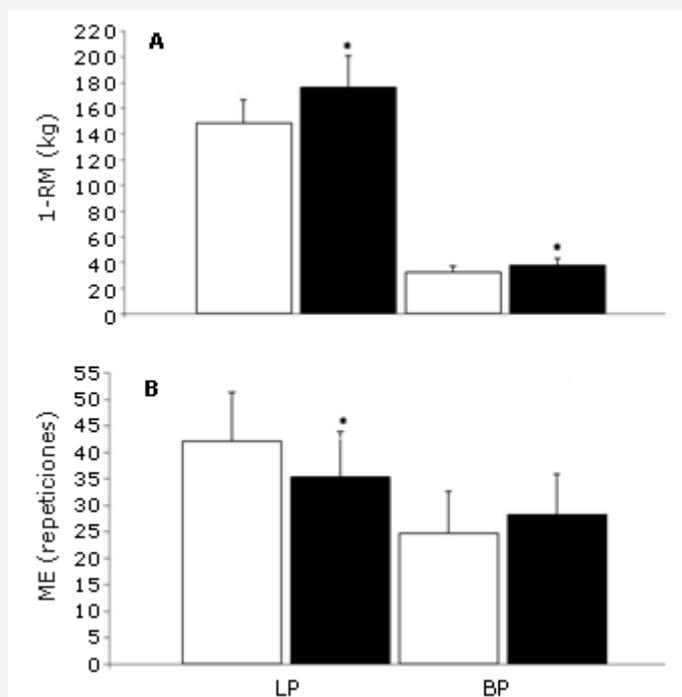
## RESULTADOS

Con excepción de la IL-8, las citoquinas analizadas antes y después de los tests de fatiga no alcanzaron el límite de detección en el plasma, ni para los ejercicios en press de piernas a 45° ni para los de press de banca, antes y después del entrenamiento. (Tabla 1). Se observaron aumentos significativos en 1-RM en press de piernas a 45° y el press de banca, a las 18,57% y 15,27%, respectivamente (Figura 1A). El ejercicio en press de piernas a 45° presentó una disminución significativa en la resistencia muscular, siendo el número de repeticiones, 42,14±9 pre-entrenamiento y 35,36 ± 8,6 post-entrenamiento.

En el ejercicio de press de banca, no se observaron diferencias significativas, ya que el número de repeticiones fue 24,71±7,92, pre-entrenamiento y 28,21±7,61 post-entrenamiento (Figura 1B).

Citoquinas	Press de Banca				Press de Piernas a 45°			
	Pre-T (pg/mL)		Post-T (pg/mL)		Pre-T (pg/mL)		Post-T (pg/mL)	
	BFT	AFT	BFT	AFT	BFT	AFT	BFT	AFT
IL-8	3,7±3,9	9,0±2,6	5,7±2,2	7,1±2,3	4,4±2,6	5,7±1,0	6,4±1,3	6,5±2,1
IL-1β	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
IL-6	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
IL-10	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
TNF-α	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

**Tabla 1.** Concentraciones de citoquinas antes y después de la realización de los test de fatiga (FT) en press de banca y press de piernas a 45°. Los valores se presentan en forma de Media±DS. Abreviaturas: IL-8= interleucina 8; IL-1 b= interleucina 1b; IL-6= interleucina 6; IL-10= interleucina 10; TNF-a= factor de necrosis tumoral a; ND= No detectable, Pre-T= Pre-entrenamiento, Post-T= Post-entrenamiento, BFT=antes del test de fatiga, AFT= después del test de fatiga.



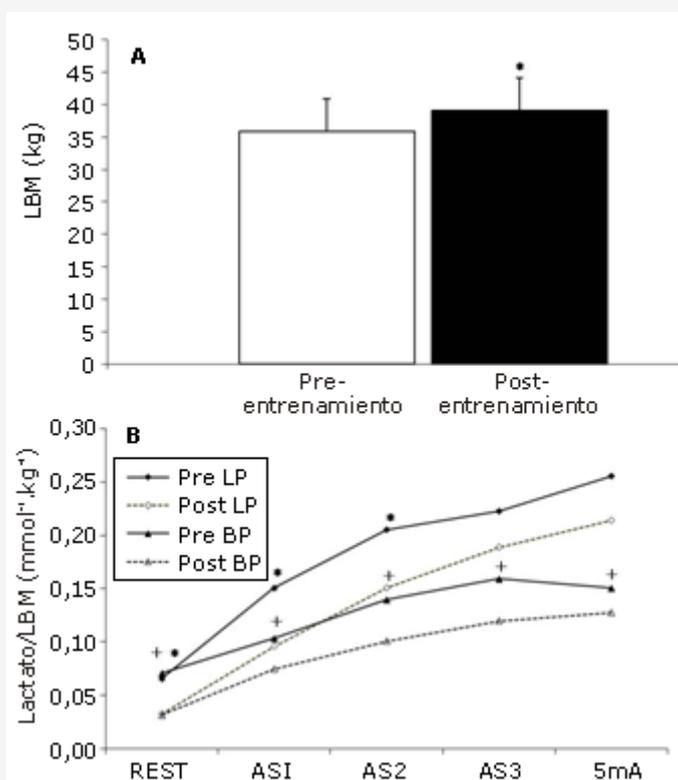
**Figura 1.** A) Una Repetición Máxima: (1-RM). B): Resistencia Muscular (ME). Columnas blancas= Pre-entrenamiento y columnas negras Post-entrenamientos; LP= Press de Piernas a 45° y BP= Press de Banca. \*Post x Pre (p<0,05).

La LBM aumentó significativamente desde el período pre-entrenamiento  $35,93 \pm 4,93$  kg al período post-entrenamiento  $39,13 \pm 4,95$  kg (Tabla 2; Figura 2A).

El índice lactato/LBM disminuyó significativamente en press de piernas a  $45^\circ$  en reposo (REST), AS1 y AS2, y en press de banca en reposo (REST), AS1, AS2, AS3 y 5mA, cuando se compararon los períodos pre y post entrenamiento (Figura 2B).

	Pre-T	Post-T	p
<b>Peso Corporal (kg)</b>	$57,7 \pm 7,8$	$56,9 \pm 6,3$	0,370
<b>BMI (kg/m<sup>2</sup>)</b>	$22,6 \pm 1,6$	$22,7 \pm 1,6$	0,766
<b>FM (kg)</b>	$21,9 \pm 8,1$	$17,8 \pm 4,2$	0,021
<b>LBM (kg)</b>	$35,9 \pm 4,9$	$39,1 \pm 4,9$	0,000

**Tabla 2.** Efecto del entrenamiento en el peso corporal, BMI, FM, y LBM. Los valores se presentan en forma de Media  $\pm$  DS. Abreviaturas: BMI= Índice de masa corporal, FM= Masa grasa, LBM= Masa magra corporal.



**Figura 2.** Panel A): Valores del índice de masa corporal (LBM), pre y post-entrenamiento. \* Post x Pre ( $p < 0,01$ ). Panel B): Valores del índice Lactato/LBM pre y post-entrenamiento. Press de Piernas a  $45^\circ$  (LP) y Press de Banca (BP). Reposo (REST), Luego de la serie 1 (AS1), Luego de la serie 2 (AS2), Luego de la serie 3 (AS3), y 5 minutos después (5mA) del test de fatiga. \*Post x Pre LP ( $p < 0,01$ ), +Post x Pre BP ( $p < 0,05$ ).

## DISCUSION

No observamos alteraciones significativas en el perfil de citoquinas luego de dos tests de fatiga en relación a los valores observados antes de realizar los tests (pre). Además de eso, no evidenciamos modificaciones en las citoquinas después de realizar un circuito de entrenamiento de sobrecarga de 10 semanas. Sin embargo, notablemente, el entrenamiento provocó

cambios como por ej. un aumento en la masa magra corporal, aumentos de fuerza y disminución en concentraciones de lactato en los tests de fatiga, lo que muestra que las mejoras en la aptitud neuromuscular y metabólica no tienen relación con el perfil de citoquinas analizadas en este estudio.

### **Naturaleza de los Estímulos y Citoquinas**

La ausencia de cambios en el perfil de citoquinas encontrada en nuestro estudio, coincide con lo observado por Brenner et al. (1999) (3), quienes no encontraron alteraciones en las concentraciones plasmáticas de IL-6, IL-10 y TNF- $\alpha$  después de una sesión de un circuito de ejercicios con sobrecarga con el 60-70% de 1-RM, de 45 min de duración. Estos resultados, sin embargo, no coinciden con los resultados obtenidos por Anwar et al. (1997) (1), quienes en su estudio con 4 series de 10 repeticiones al 100% de 1-RM de un ejercicio excéntrico en press de piernas, observaron aumentos en el plasma de IL-6 y una reducción subsecuente de IL-1. Paulsen et al. (2005) (14) no observaron alteraciones en IL-8, después de 300 acciones excéntricas de máxima intensidad en un aparato isocinético con el músculo cuádriceps. No obstante, observaron aumentos en la IL-6 inmediatamente después del ejercicio. Sin embargo, en este estudio no se observó una correlación entre la cantidad de trabajo realizado y la concentración de citoquinas.

Cuando se comparan ejercicios aeróbicos con ejercicios excéntricos, se ha observado que los mayores cambios en las citoquinas plasmáticas se producen en los ejercicios de resistencia. Por esta razón, en el caso de los ejercicios aeróbicos podría haber otros factores, vinculados a las alteraciones en las citoquinas sanguíneas, además del daño muscular.

Esta diferencia podría deberse al hecho que los ejercicios excéntricos inducen un menor nivel de estrés energético, oxidativo y metabólico (además de una pequeña alteración hormonal), que se sabe que son estímulos para la liberación sistémica de citoquinas. (15)

De esta manera, la naturaleza de los estímulos parece ser fundamental en el perfil de respuestas de las citoquinas producidas después del ejercicio. Se ha demostrado que los ejercicios excéntricos de alta intensidad alteran el perfil de citoquinas a través de la generación de daño muscular (14, 1) A pesar de eso, nuestro modelo de ejercicio (tests de fatiga), que también tenía un fuerte componente excéntrico, no presentó tales respuestas. Esto podría deberse a la baja carga utilizada (50% de 1-RM) o incluso a algún efecto eventual de la realización de la fase concéntrica del movimiento. Sin embargo, este trabajo se abocó a analizar la respuesta de las citoquinas frente a los ejercicios de sobrecarga dinámicos, realizando ambas fases de movimiento, es decir los movimientos concéntricos y excéntricos.

### **Adaptaciones Crónicas**

Después del período de entrenamiento, observamos aumentos en la 1-RM de los dos ejercicios evaluados (press de pierna a 45° y press de banca), que también provocaron incrementos en la carga para realizar los tests de fatiga. Esto permitió una reducción en la resistencia muscular en press de piernas a 45° y un mantenimiento en el press de banca, probablemente debido a la característica del entrenamiento que priorizó el aumento de fuerza más que el de resistencia. Como se ha informado previamente (Izquierdo et al. 2009) (8), después de un período de entrenamiento de fuerza a corto plazo, cuando la intensidad relativa del protocolo dinámico de fatiga se mantuvo igual, la magnitud de la pérdida de capacidad funcional inducida por el ejercicio fue mayor que la observada antes del entrenamiento, pero se observó una fatiga menor cuando se utilizó la misma carga absoluta. Sin embargo, los datos indican que el entrenamiento fue eficaz para aumentar la fuerza dinámica máxima y la resistencia muscular absoluta en los tests de fatiga. Adicionalmente, los índices lactato/LBM fueron significativamente menores durante REST, AS1, y AS2 para el ejercicio en press de piernas a 45°, y durante REST, AS1, AS2, AS3, y 5 mA para el ejercicio en press de banca, lo que indica alteraciones metabólicas producidas por los tests de fatiga durante las 10 semanas de entrenamiento.

Baum et al. (1999) (2) observaron aumentos en la síntesis de IL-1 e IL-6, después de 12 semanas de entrenamiento con carreras, de 3-5 hrs de duración por semana. Como se demostró previamente, nuestros resultados no concordaban; posiblemente debido a la realización de entrenamiento con sobrecarga para aumentar la fuerza y no para mejorar la capacidad aeróbica, lo que indica que la naturaleza del ejercicio desempeña un papel importante en la respuesta de las citoquinas al entrenamiento y que las adaptaciones neuromusculares y metabólicas no se relacionan con el perfil de citoquinas después de los ejercicios de sobrecarga.

### **Ejercicios con Sobrecarga y Marcadores Bioquímicos Sistémicos de Inflamación**

En un estudio realizado con individuos distribuidos en cuatro grupos (jóvenes inactivos, jóvenes activos, mayores inactivos, y mayores activos) no se observaron alteraciones en los marcadores bioquímicos de inflamación después de 12 semanas de entrenamiento aeróbico combinado con entrenamiento de sobrecarga, excepto una reducción significativa en los niveles de CRP. (19) White et al (2006) (21) observaron alteraciones en estos marcadores después de 8 semanas de entrenamiento de sobrecarga en individuos con esclerosis múltiple.

Prestes et al. (2009) realizaron un estudio con individuos mayores sedentarios que realizaron entrenamiento con sobrecarga durante 16 semanas y observaron disminuciones en los niveles de IL-6 después del entrenamiento (17).

Este estudio no identificó alteraciones en los marcadores bioquímicos sistémicos de inflamación en reposo, lo que indicaría que el ejercicio con sobrecarga en forma de circuito es eficaz para promover adaptaciones positivas de la salud, sin comprometer a los marcadores bioquímicos de inflamación. Sin embargo, el corto período de entrenamiento y las diferencias entre las poblaciones estudiadas, podrían explicar los resultados diferentes, ya que es más fácil encontrar alteraciones en poblaciones de sujetos enfermos durante un período de 8-12 semanas de entrenamiento (21).

El ejercicio físico ha sido identificado como un prototipo de estrés físico similar a muchos factores de estrés físico médicos (por ejemplo la cirugía, trauma, sufrir quemaduras, sepsis), los cuales inducen respuestas hormonales e inmunológicas estándares similares a las del ejercicio. (15, 7) Las reacciones locales y sistémicas a las infecciones y al daño muscular dependen, en parte, de la magnitud de la respuesta de las citoquinas. (17) La ausencia de detección de citoquinas pro inflamatorias (IL-1 y TNF -), antiinflamatorias (IL-10), sensibles a la inflamación (IL-6), y citoquinas quimio-atractivas (IL-8) en ambos ejercicios (press de piernas a 45º y press de banca) nos permite suponer que los ejercicios dinámicos con sobrecarga realizados hasta el agotamiento, no alteraron la respuesta inmunológica, ya que no provocaron alteraciones en el perfil de las citoquinas. (11)

### Conclusiones

Las tres series de ejercicio con sobrecarga, separadas por intervalos de 1 min y realizadas hasta el agotamiento, no alteraron el perfil plasmático de citoquinas antes o después de 10 semanas de entrenamiento con sobrecarga en forma de circuito.

Sin embargo, los entrenamientos provocaron adaptaciones neuromusculares y metabólicas. Por lo tanto, nuestros datos, apoyan la idea que los dos tests de fatiga no provocaron el estrés suficiente para alterar las concentraciones plasmáticas de IL-6, IL-8, IL-10, IL-1β y TNF-α, por lo que no pueden ser considerados como un prototipo de estrés físico.

### Agradecimientos

Los autores agradecen al Consejo Nacional de Desarrollo Tecnológico y Científico (CNPq) por la beca para desarrollar este trabajo.

### Dirección para Envío de Correspondencia

Nunes JED Ms., Benjamin Constant, 1286, Aparecida, Código postal: 38400-678, Universidad Federal de Uberlândia - Laboratorio de Fisiología del Rendimiento, Uberlândia, Minas Gerais, Brasil. Teléfono (34) 3218-2963; Fax: (34)3218-2910; correo electrónico: joaoelias@faefi.ufu.br.

## REFERENCIAS

1. Anwar A., Smith L. L., Holbert D. et al (1997). Serum cytokines after strenuous exercise [abstract]. *Med Sci Sports Exerc*; 29(S):73
2. Brenner I. K. M., Natale V. M., Vasiliou P. et al (1999). Impact of three different types of exercise on components of the inflammatory response. *Eur J Appl Physiol*; 80: 452-460
3. Brown L. E., Weir J. P (2001). ASEP procedures recommendation I: Accurate assessment of muscular strength and power. *JEPonline*; 4(3):1-21
4. Deschenes M. R., Kraemer W. J (2002). Performance and physiologic adaptations to resistance training. *Am J Phys Med Rehabil*; 81(Suppl):S3-S16
5. Gannon G. A., Rhind S. G., Suzui M. et al (1997). Circulating levels of peripheral blood leucocytes and cytokines following competitive cycling. *Can J Appl Physiol*; 22: 133-147
6. Hoffman-Goetz L., Pedersen B. K (1994). Exercise and the immune system: A model of the stress response?. *Immunol Today*;15:382-387
7. Izquierdo M., Ibanez J., Calbet J. A., et al (2009). Neuromuscular fatigue after resistance training. *Int J Sports Med*; 30:614-623
8. Izquierdo M., Ibanez J., Calbet J. A. et al (2009). Cytokine and hormone responses to resistance training. *Eur J Appl Physiol* 107:397-409
9. Kohut M. L., McCann D. A., Russell D. W. et al (2006). Aerobic exercise, but not flexibility/resistance exercise, reduces serum IL-18, CRP, and IL-6 independent of BMI, and psychosocial factors in older adults. *Brain Behav Immun*;20:201-209
10. Moldoveanu A. I., Shephard R. J, Shek P. N (2001). The cytokine response to physical activity and training. *Sports Med* 31

(2):115-144

11. Nieman D. C., Henson D. A., Smith L. L. et al (2001). Cytokine changes after a marathon race. *J Appl Physiol* 91:109-114
12. Northoff H., Berg A (1991). Immunologic mediators as parameters of the reaction to strenuous exercise. *Int J Sports Med* 12:9-15
13. Paulsen G., Benestad H. B., Strom-Gundersen I. et al (2005). Delayed leukocytosis and cytokine response to high-force exercise. *Med Sci Sports Exerc* 37 (11):1877-1883
14. Pedersen B. K., Hoffman-Goetz L (2000). Exercise and the immune system: Regulation, integration and adaptation. *Physiol Rev* 80:1055-1081
15. Pedersen B. K., Steensberg A., Fischer C. et al (2003). Searching for the exercise factor: is IL-6 a candidate?. *J Muscle Res Cell Motil* 24:113-119
16. Prestes J., Shiguemoto G., Botero J. P. et al (2009). Effects of resistance training on resistin, leptin, cytokines, and muscle force in elderly post-menopausal women. *J Sports Sci* 27(14):1607-1615
17. Rhind S. G., Castellani J. W., Brenner I. K. M. et al (2001). Intracellular monocyte and serum cytokine expression is modulated by exhausting exercise and cold exposure. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol* 281: R66-R75
18. Stewart L. K., Flynn M. G., Campbell W. W. et al (2007). The influence of exercise training on inflammatory cytokines and C-reactive protein. *Med Sci Sports Exerc* 39(10):1714-1719
19. Tilg H (2001). Cytokines and liver diseases. *Can J Gastroenterol* 15:661-668
20. White L. J., Castellano V., McCoY S. C (2006). Cytokine responses to resistance training in people with multiple sclerosis. *J. Sports Sci* 24:911-914

### **Cita Original**

Nunes JED, De Agostini GG, Nicioli C, Ferreira FC, Baldissera V, Perez SEA. Effect of 10-Week Long Resistance Training Program on the Acute Levels of Cytokines. *JEPonline*; 13 (3): 40-48, 2010.