Article

Recuperación Muscular luego de una Sesión de Entrenamiento con Sobrecarga, Monitoreada a través de la Creatina Quinasa Sérica

Antônio Paulo Andre de Castro[1], Jeferson Macedo Vianna[1], Vinicius de Oliveira Damasceno[1], Dihogo Gama De Matos[1] y Victor Machado Reis[2]

[2]*Department of Sports Science, Exercise and Health. Trás-os-Montes e Alto Douro University.*

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue supervisar el período de recuperación después de una sesión de entrenamiento con sobrecarga a través de los niveles séricos de creatina quinasa (CK). Nueve sujetos saludables, que tenían experiencia en entrenamiento con sobrecarga, realizaron una sesión de entrenamiento que consistió en ocho ejercicios con una carga de 10 repeticiones máximas (10 RM). Para supervisar de valores de CK, se realizaron análisis de sangre antes del protocolo de entrenamiento (CKp) y 24 hs (CK24), 48 hrs (CK48) y 72 hs (CK72) después del entrenamiento. Se observaron diferencias significativas entre los valores medios de CKp y de CK24 y CK48. De esta manera, los resultados apoyan el argumento que los valores de CK obtenidos a 48 hrs y 72 hrs después de una sesión de entrenamiento con 10 RM son suficientes para la recuperación de las fibras musculares.

Palabras Clave: Marcadores biológicos, respuesta al estrés fisiológico, medidas de dolor, fuerza muscular

INTRODUCCION

La correcta recuperación es esencial en cualquier programa de aptitud física y puede ser descripta como un proceso multifactorial, a través del cual el cuerpo intenta superar los efectos de la fatiga y restablecer la homeostasis (1, 2, 30). Los períodos de recuperación incluyen los intervalos entre las series, intervalos entre los ejercicios y períodos entre las sesiones de entrenamiento y pueden ser influenciados por el tipo de ejercicio realizado, edad, experiencia de entrenamiento, sexo, factores medioambientales, tipo de fibra utilizada en el entrenamiento, fuente de energía, factores psicológicos y dieta (8,30). No tener en cuenta el tiempo de recuperación de los sistemas biológicos puede provocar problemas en una nueva sesión de entrenamiento, posiblemente provocando un estancamiento y una reducción en el rendimiento motor así como un aumento en el riesgo de sufrir lesiones serias (3,10).

Según Clarkson et al. (7), el daño en las fibras musculares después del ejercicio es obvio, sobre todo después de ejercicios con un predominio de contracciones excéntricas. Desde la perspectiva de la investigación, el análisis del daño muscular y de su recuperación está determinado por marcadores directos (por ejemplo, biopsias de tejido y técnicas de imagen por resonancia magnética) y marcadores indirectos (como rendimiento motor, dolor muscular de comienzo retardado y análisis

de enzimas plasmáticas, proteínas musculares y mioglobina sérica) (6,7).

Entre los marcadores indirectos de daño muscular, se destaca la medición de la creatina quinasa sérica (CK) debido a su elevado porcentaje en el tejido del músculo esquelético y a su liberación hacia el torrente sanguíneo después de que se producen micro-daños en las fibras musculares (4, 10, 11, 19). Ehlers et al. (4) observaron que los niveles séricos de CK eran significativamente mayores después de una sesión de entrenamiento de 7 días. De manera similar, Smith et al., (28) observaron cambios significativos después de 48 hs después de un protocolo que consistía en 3 series de 12 contracciones excéntricas a 80% de la contracción concéntrica voluntaria máxima (MVC). Otros estudios que investigaron el período de recuperación después de ejercicios con contracciones excéntricas encontraron resultados variables. El período de recuperación abarcaba de 24 a 132 hs (3, 4, 15, 17, 26)

Debido a las diferencias observadas en la literatura con respecto a los períodos requeridos para la recuperación adecuada después de una sesión de entrenamiento con sobrecarga, el propósito de este estudio fue supervisar la recuperación muscular después de una sola sesión de entrenamiento con sobrecarga con una carga de 75% de MVC mediante el análisis de la CK total.

MÉTODOS

Sujetos

En el estudio participaron nueve sujetos saludables que tenían experiencia en entrenamiento con sobrecarga y que habían realizado entrenamientos al menos tres veces por semana durante las 12 semanas previas al estudio. Luego de que se les informaran los objetivos y los procedimientos de la investigación, los sujetos firmaron un formulario de consentimiento. Este estudio fue aprobado por el Comité de Ética de la Universidad Federal de Juiz de Fora de Minas Gerais.

Procedimientos

Se solicitó a los sujetos que no realizaran otra actividad física que no fuera la necesaria para la vida diaria y que mantuvieran su misma alimentación y estado de sueño durante el estudio. Aquellos sujetos que utilizaran esteroides anabólicos, que estuvieran consumiendo algún medicamento recetado o que tuvieran algún desorden musculoesquelético conocido, fueron excluidos del estudio.

La masa corporal fue determinada con una balanza de plataforma *Filizola* (Brasil) con una precisión de 100g. La talla se midió con un estadiómetro *Sanny* con una precisión de 0,1cm, siguiendo los procedimientos descriptos por Lohman et al. (18). La composición corporal se determinó mediante mediciones de pliegues cutáneos que fueron realizadas con un calibre científico por un mismo evaluador (*Lange R,USA*), siguiendo las técnicas descriptas por Slaughter et al et(27). La grasa corporal relativa se determinó mediante la ecuación de Siri, tal como lo describieron Jackson y colegas (13).

Todos los participantes realizaron un test de 10 repeticiones máximas (10RM) para cada ejercicio. Los procedimientos de evaluación cumplieron con el criterio propuesto por Kraemer et al. (16). Luego de obtener la carga en un ejercicio, se proporcionaron intervalos de, por lo menos, 5 min antes de proceder a realizar el siguiente test.

Para la determinación de la CK sérica, se tomaron muestras de sangre de la vena antecubital en cuatro momentos diferentes: pre-test (CKp), 24 hs (CK24), 48 hs (CK48) y 72 hs (CK72) después del protocolo de ejercicio. Además del análisis de la CK circulante, también se presentaron los datos de CK relativos a la masa corporal, en los cuales el valor de CK absoluto fue dividido por la masa magra corporal.

El protocolo experimental consistió en un entrenamiento típico para hipertrofia muscular para los siguientes grupos musculares: dorsal ancho, pectoral mayor, deltoides, tríceps braquial, bíceps braquial, cuadriceps, isquiotibiales y gastrocnemio. Los ejercicios primero fueron realizados con los grupos musculares mayores y luego, con los grupos musculares menores. Cada ejercicio se realizó en 3 series con una carga de 10RM e intervalos de 90 s entre las series.

Análisis estadísticos

Para caracterizar la muestra, se utilizó estadística descriptiva. Para la comparación entre los niveles medios de CK y CK relativo a la masa magra corporal, obtenidos pre-test, 24, 48, y 72 hs después del protocolo, se realizó un ANOVA seguido por el test post hoc de Tukey HSD. La significancia estadística se fijó en $P \leq 0.05$. Todas las muestras fueron analizadas con el paquete estadístico Statistica 6.0 R para Windows R (*Statsoft. Inc., Tulsa, EE.UU., 2001*).

RESULTADOS

En este estudio participaron nueve varones saludables, que tenían una experiencia en entrenamiento con sobrecarga de 9,2 ± 4,5 meses (Tabla 1).

	Media ± SD
Edad (años)	21,3 ± 1,6
Masa Corporal (kg)	84,2 ± 15,5
Talla(cm)	179,5 ± 7,5
Masa Magra (kg)	72,7 ± 9,4

Tabla 1. Característica de la muestra de sujetos

Los valores medios de CK obtenidos a las 24hrs fueron significativamente más altos que el valor medio de CKp tanto en la CK absoluta como en la CK por kg de masa magra (FFM) (P = 0,03 y P = 0,04, respectivamente; (Figuras 1a y 1b). Los valores de CK a las 48 hs (P = 0,21) y 72 hrs (P = 0,97) después del entrenamiento no fueron significativamente diferentes del valor medio de CKp, lo que sugiere que el daño muscular debe haber sido reparado parcialmente. Entre los sujetos estudiados, sólo un individuo no alcanzó la concentración máxima de CK en 24 hs, si no que alcanzó el máximo 48 hs después del protocolo de ejercicios. Con respecto a tiempo de recuperación, dos sujetos requirieron un período mayor a 72 hs para regresar a los valores encontrados antes del entrenamiento. Este resultado fue diferente de lo observado en otros sujetos con CK elevada, quienes retornaron a los valores iniciales (línea de base) a las 48 hs y 72 hs (Figura 2).

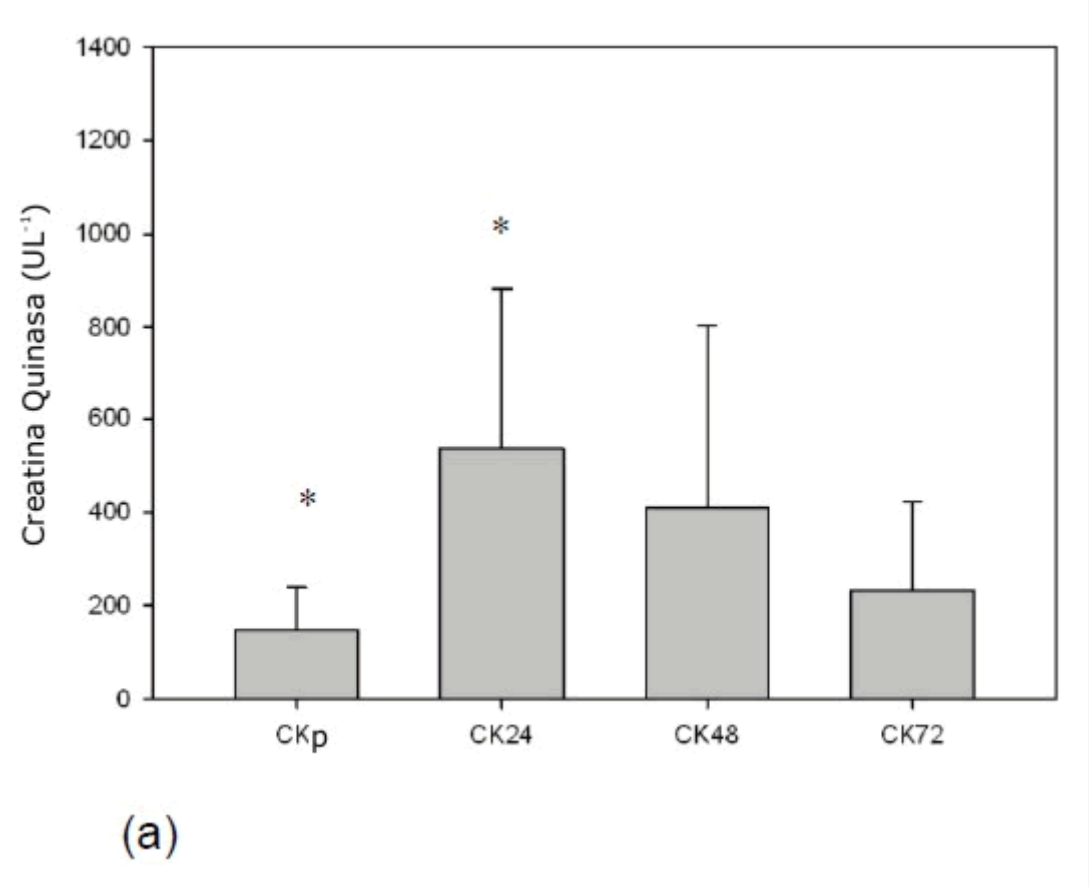

Figura 1. *(A) Valores de CK (UL^{-1}) obtenidos antes del entrenamiento y diariamente durante los 3 días posteriores al entrenamiento*

*con sobrecarga. (B) Valores séricos de CK/FFM (UL^{-1}/kg) obtenidos en los 4 momentos. *Se observaron diferencias entre CKp o y CK24 (Figura 1a, P = 0,03; Figura 1b, P = 0,04).*

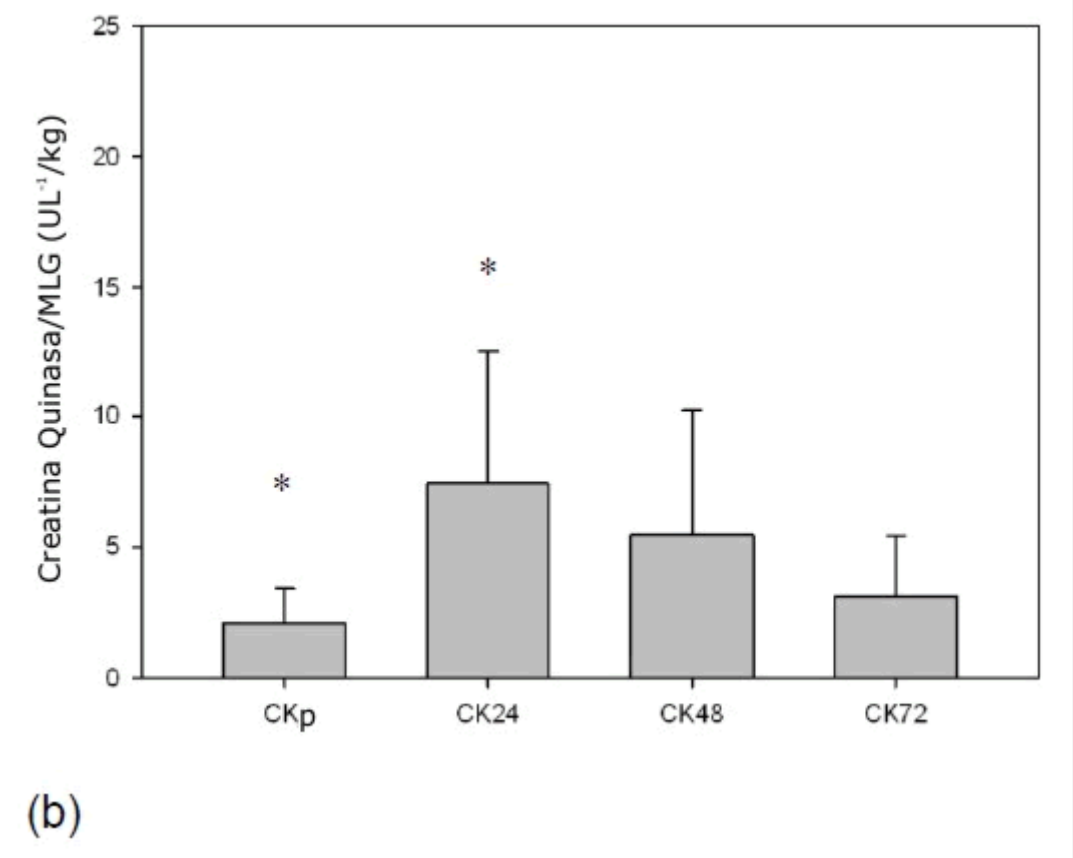

Figura 2. *Respuestas individuales de CK antes y durante los 3 días posteriores al entrenamiento con sobrecarga*

DISCUSIÓN

El objetivo de este estudio fue determinar la recuperación muscular sobre la base de la concentración de CK en el suero, después de una sola sesión de entrenamiento con sobrecarga que consistió en 3 series de ejercicios con sobrecarga a 10 RM con intervalos de 90 s entre las series. Al igual que en informes anteriores (22, 25), la CK sérica aumentó después de la única sesión de entrenamiento. Se observaron aumentos significativos en CK y en la relación CK/FFM 24 hs después de la sesión de entrenamiento. Cuarenta y ocho horas después del ejercicio la CK sérica regresó a valores cercanos a los encontrados pre-test, algo que también se observó a las 72 hs después del ejercicio. En contraste, Rodrigues et al. (25), en un trabajo con voluntarios que realizaron un protocolo experimental de 3 series de cada ejercicio con 80% de 1RM y 1 min (SEQ1) o 3 min (SEQ3) de descanso entre las series y ejercicios, observaron aumentos significativos en los niveles séricos de CK a 24 hs, 48 hs y 72 hs después del protocolo de ejercicios. Esto podría deberse a la diferencia en el porcentaje de carga usado en el protocolo (es decir, 80% de MVC) dado que el daño inducido a las fibras musculares está influenciado, entre otros factores, por la intensidad del ejercicio (20).

Chen et al. (5) no observaron ninguna diferencia significativa durante los períodos de 24 hs y 48 hs después de 30 contracciones excéntricas a 80% y 90% de fuerza isométrica máxima. Sin embargo, después del 4to y 5to día, los valores fueron significativamente diferentes y permanecieron por encima de los valores iniciales (línea de base) durante 9 días. En base a los estudios citados, es posible observar en la literatura diferentes comportamientos de los niveles de CK en el suero, lo que indicaría una gran variabilidad en el período de recuperación muscular.

Los aumentos en los niveles de CK pueden estar relacionados con el daño muscular, sobre todo cuando intervienen las contracciones excéntricas. Según Brancaccio et al. (4), la presencia de CK en el torrente sanguíneo se produce por daño en la membrana sarcoplasmática, y dicho daño depende principalmente del volumen e intensidad del ejercicio. Chen et al. (5) observaron una correlación negativa entre los niveles de CK y el rendimiento muscular. Esto indicaría que la capacidad de generar fuerza, podría reducirse debido a microlesiones presente en las fibras musculares. A partir de los resultados de este estudio, es posible inferir que el proceso de restauración de fibras musculares se completó dentro de las 48 hs, dado que no observamos ninguna diferencia entre CK48 y CKp (Figura 1A y 1B).

En el estudio de Vacz et al. (31), los autores compararon dos programas de entrenamiento en los cuales los ejercicios del extensor de rodillas se realizaron en diferentes rangos de movimiento. Se evaluaron diferentes variables, entre las que se incluyeron la CK y lactato deshidrogenasa (LDH). Las variables fueron medidas antes del protocolo, y a las 24 hs, 48 hs, y 6 días después del programa de entrenamiento. También debemos destacar que durante el estudio también se evaluó diariamente el dolor muscular. Los resultados indicaron que en ambos grupos los niveles de CK fueron significativamente más altos 24 hrs después del entrenamiento. Seis días después del entrenamiento, los valores séricos de CK permanecían más altos que los valores pre-entrenamiento, lo que no coincide con lo encontrado en mucha bibliografía y demuestra que los valores séricos de CK pueden permanecer más altos que los valores pre-entrenamiento hasta por 9 días después del protocolo (5, 28).

Los tiempos de recuperación muscular dependen de varios factores como la edad, sexo, dieta, cantidad de sueño, experiencia de entrenamiento y tipo de ejercicio (8, 9, 30, 32). La recuperación inadecuada puede producir una disminución en el rendimiento motor, elevada susceptibilidad a las lesiones en el sistema locomotor y condiciones mentales desfavorables (3, 10). Todos estos efectos están asociados con la fatiga de los sistemas nervioso, endocrino y metabólico (24). Por otro lado, una recuperación apropiada se asocia con aumentos en el rendimiento, dado que se refuerza la capacidad del cuerpo para tolerar un mayor volumen y una mayor intensidad de entrenamiento (24, 21, 23, 29).

El uso aislado de CK como un marcador del período de recuperación puede ser considerado como una limitación de este estudio. Friden et al. (12) no observaron ninguna correlación significativa entre la CK del suero y el torque muscular en ratas después de la realización de contracciones excéntricas de los músculos flexores dorsales de tobillo. Los autores argumentan que la permeabilidad de las membranas celulares puede o no estar involucrada en el proceso contráctil. Por lo tanto, es más que razonable sugerir que es necesario realizar más estudios que combinen otros marcadores de la recuperación (particularmente, rendimiento motor y electromiografía).

CONCLUSIONES

Según los datos obtenidos en el estudio presente, concluimos que los valores de CK a las 48 y 72 horas después de la sesión de entrenamiento con 10 RM son suficientes para la recuperación de las fibras musculares en varones entrenados.

Dirección de Contacto: Dihogo Gama de Matos, MD, el Laboratorio de la Evaluación De motor - la Universidad Federal de Juiz de Fora - MG, UFJF. Brasil, Teléfono (55) 24-8112-6169, el Correo electrónico. dihogogmc@hotmail.com

REFERENCIAS

1. American College of Sports Medicine position stand (2009). Progression models in resistance training for healthy adults. *Med Sci Sports Exerc; 41:687-708*
2. Barnett A (2006). Using recovery modalities between training sessions in elite athletes: does it help? . *Sports Med; 36:781-796*
3. Bishop PA, Jones E, Woods AK (2008). Recovery from training: a brief review: brief review. *J Strength Cond Res; 22:1015-1024*
4. Brancaccio P, Limongelli FM, Maffulli N (2006). Monitoring of serum enzymes in sport. *Br J Sports Med; 40:96-107*
5. Chen TC, Nosaka K (2006). Responses of elbow flexors to two strenuous eccentric exercise bouts separated by three days. *J Strength Cond Res; 20:108-116*
6. Clarkson PM, Hubal MJ (2002). Exercise-induced muscle damage in humans. *Am J Phys Med Rehabil; 81(11 Suppl):S52-69*
7. Clarkson PM, Newham DJ (1995). Associations between muscle soreness, damage, and fatigue. *Adv Exp Med Biol; 384:457-469*
8. Costill DL, Coyle EF, Fink WF, Lesmes GR, Witzmann FA (1979). Adaptations in skeletal muscle following strength training. *J Appl Physiol; 46:96-99*
9. Doubt J (1991). Physiology of exercise in the cold. *Sports Medicine; 11:367-381*
10. Ehlers GG, Ball TE, Liston L (2002). Creatine Kinase Levels are Elevated During 2-A-Day Practices in Collegiate Football Players. *J*

Athl Train; 37:151-156
11. Ferri A, Narici M, Grassi B, Pousson M (2006). Neuromuscular recovery after a strength training session in elderly people. *Eur J Appl Physiol; 97:272-279*
12. Friden J, Lieber RL (2001). Serum creatine kinase level is a poor predictor of muscle function after injury. *Scand J Med Sci Sports; 11:126-137*
13. Jackson AS, Pollock ML (1978). Generalized equations for predicting body density of men. *Br J Nutr; 40:497-504*
14. Jones EJ, Bishop PA, Richardson MT, Smith JF (2006). Stability of a practical measure of recovery from resistance training. *J Strength Cond Res; 20:756-759*
15. Komi PV (2000). Stretch-shortening cycle: a powerful model to study normal and fatigued muscle. *J Biomech; 33:1197-1206*
16. Kraemer WJ, Fry AC (1995). Strength Testing: Development and Evaluation of Methodology. In: Maud PJ, Foster C, editors. *Physiological Assessment of Human Fitness. Champaign: Human Kinetics Books*
17. Leung FY, Griffith AP, Jablonsky G, Henderson AR (1991). Comparison of the diagnostic utility of timed serial (slope) creatine kinase measurements with conventional serum tests in the early diagnosis of myocardial infarction. *Ann Clin Biochem; 28:78-82*
18. Lohman TG, Roche AF, Martorell R (1991). Anthropometric Standardization Reference Manual. *Abridged ed. Champaign, Ill.: Human Kinetics Books*
19. Martinez-Amat A, Boulaiz H, Prados J, Marchal JA, Padial Puche P, Caba O (2005). Release of alpha-actin into serum after skeletal muscle damage. *Br J Sports Med; 39:830-834*
20. Mayhew DL, Thyfault JP, Koch AJ (2005). Rest-interval length affects leukocyte levels during heavy resistance exercise. *J Strength Cond Res; 19:16-22*
21. McLester JR, Bishop PA, Smith J, Wyers L, Dale B, Kozusko J (2003). A series of studies--a practical protocol for testing muscular endurance recovery. *J Strength Cond Res; 17:259-273*
22. Nosaka K, Newton M (2002). Concentric or eccentric training effect on eccentric exercise-induced muscle damage. *Med Sci Sports Exerc; 34:63-69*
23. O'Connor PJ, Puetz TW (2005). Chronic physical activity and feelings of energy and fatigue. *Med Sci Sports Exerc; 37:299-305*
24. Purge P, Jurimae J, Jurimae T (2006). Hormonal and psychological adaptation in elite male rowers during prolonged training. *J Sports Sci; 24:1075-1082*
25. Rodrigues BM, Dantas E, de Salles BF, Miranda H, Koch AJ, Willardson JM (2010). Creatine kinase and lactate dehydrogenase responses after upper-body resistance exercise with different rest intervals. *J Strength Cond Res; 24:1657-1662*
26. Sayers SP, Clarkson PM (2001). Force recovery after eccentric exercise in males and females. *Eur J Appl Physiol; 84:122-126*
27. Slaughter MH, Lohman TG, Boileau RA, Stillman RJ, Van Loan M, Horswill CA (1984). Influence of maturation on relationship of skinfolds to body density: a cross-sectional study. *Hum Biol; 56:681-689*
28. Smith LL, Fulmer MG, Holbert D, McCammon MR, Houmard JA, Frazer DD (1994). The impact of a repeated bout of eccentric exercise on muscular strength, muscle soreness and creatine kinase. *Br J Sports Med; 28:267-271*
29. Tiidus PM, Ianuzzo CD (1983). Effects of intensity and duration of muscular exercise on delayed soreness and serum enzyme activities. *Med Sci Sports Exerc; 15:461-465*
30. Tomlin DL, Wenger HA (2001). The relationship between aerobic fitness and recovery from high intensity intermittent exercise. *Sports Med; 31:1-11*
31. Vaczi M, Costa A, Racz L, Tihanyi J (2009). Effects of consecutive eccentric training at different range of motion on muscle damage and recovery. *Acta Physiol Hung; 96:459-468*
32. Zauner CW, Maksud MG, Melichna J (1989). Physiological considerations in training young athletes. *Sports Med; 8:15-31*

Cita Original

De Castro APA, Vianna JM, Damasceno VO, Matos DG, Mazini Filho ML, Reis VMM. Muscle Recovery after a Session of Resistance Training Monitored through Serum Creatine Kinase. JEPonline; 14(5):38-45.2011