

apunts

MEDICINA DE L'ESPORT

www.apunts.org



ORIGINAL

El test de una repetición máxima incrementa los índices séricos referentes a daño y dolor musculares en varones entrenados y no entrenados

Hamid Arazi^{a,*}, Abbas Asadi^b

^a Department of Exercise Physiology, Faculty of Physical Education and Sport Science, University of Guilan, Rasht, Irán

^b Islamic Azad University, Roudbar Branch, Roudbar, Irán

Recibido el 2 de junio de 2012; aceptado el 25 de septiembre de 2012

PALABRAS CLAVE

1RM;
Creatina Kinasa;
Proteína C reactiva;
Sentadillas;
Dolor muscular

Resumen

Introducción: El objetivo de este estudio fue examinar el efecto del test de una repetición máxima sobre el daño y el dolor muscular en hombres entrenados y no entrenados.

Métodos: Participaron en el estudio 10 hombres entrenados (E) y 10 no entrenados (NE). Los sujetos realizaron un test de una repetición máxima (1RM) en el ejercicio de sentadilla, y se valoró la actividad de la creatinina (CK), la concentración de la proteína C reactiva (PCR) y el dolor muscular (cuádriceps e isquiotibiales) al inicio y a las 24, 48 y 72 horas posteriores al test 1RM.

Resultados: Se observaron incrementos significativos de la actividad de la CK y el dolor muscular a las 24, 48 y 72 horas posteriores al test 1RM, así como diferencias significativas entre los sujetos entrenados y los no entrenados ($p < 0,05$). En las concentraciones de PCR, ambos grupos mostraron incrementos significativos en el descanso, a las 24, 48 y 72 horas posteriores al test 1RM, y a las 72 horas en comparación con las 24 horas ($p < 0,05$). No se detectaron diferencias significativas de la concentración de la PCR ($p > 0,05$) entre los dos grupos.

Conclusión: En conclusión, el test 1RM en el ejercicio de sentadilla (alta intensidad y bajo volumen) incrementa la actividad de la CK, la concentración de la PCR en el plasma y el dolor muscular en sujetos entrenados y no entrenados. Puede observarse que el test 1RM puede inducir daño muscular, lo que significaría un factor negativo tanto para los deportistas como para el resto de individuos, puesto que el dolor muscular se asocia a una disminución del rendimiento.

© 2012 Consell Català de l'Esport. Generalitat de Catalunya. Publicado por Elsevier España, S.L. Todos los derechos reservados.

*Autor para correspondencia.

Correo electrónico: ahamidarazi@yahoo.com (H. Arazi).

KEYWORDS

1RM;
Creatine kinase;
C-reactive protein;
Back squat;
Muscle damage

One repetition maximum test increases serum indices of muscle damage and soreness in trained and untrained males

Abstract

Introduction: The purpose of this study was to examine the effect of one repetition maximum test on muscle damage and soreness in trained and untrained males.

Methods: Ten trained (T) and 10 untrained (UT) males participated in this study. Subjects performed one repetition maximum (1RM) test for the back squat exercise and creatine kinase (CK) activity, C-reactive protein (CRP) concentration, and muscle soreness (quadriceps and hamstring) were assessed at pre, 24, 48 and 72 h post 1RM test.

Results: Significant increases in CK activity and muscle soreness were observed at 24, 48 and 72 h post 1RM test, and there were also significant differences between T and UT ($P < .05$). In the CRP concentration, both groups indicated significant increases above resting at 24, 48 and 72 h post 1RM test and 72 h compared to 24 h ($P < .05$). There were no significant differences between T and UT in the CRP concentration ($P > .05$).

Conclusion: In conclusion, the 1RM back squat test (high intensity and low volume) increases CK activity, CRP concentration in the plasma and muscle soreness in the T and UT. It can be observed that 1RM test can induce muscle damage, which would be a negative factor for athletes and individuals, since the muscle injury is associated with decreased performance.

© 2012 Consell Català de l'Esport. Generalitat de Catalunya. Published by Elsevier España, S.L. All rights reserved.

Introducción

La intensidad del ejercicio de resistencia suele determinarse mediante el porcentaje de una repetición máxima (1RM). Antes de diseñar un programa de entrenamiento de resistencia los entrenadores y preparadores físicos utilizan el test 1RM para evaluar la fuerza muscular, puesto que este test presenta varias ventajas, como son su ejecución sencilla, su bajo coste y su capacidad para adaptarse a la realidad de distintos deportes¹.

Muchos individuos, tanto deportistas como la población en general, utilizaban el entrenamiento de resistencia para estimular y mantener la salud y la calidad de vida^{2,3} y diseñaban la intensidad del ejercicio según 1RM. El test 1RM, cuyo objetivo es estimular la fuerza máxima del ejecutante, se determina levantando el máximo peso posible en un único esfuerzo máximo⁴. Sin embargo, no se han estudiado en profundidad los cambios fisiológicos inducidos por el test 1RM. Cabe destacar que no hay investigaciones acerca del daño y el dolor musculares causados por el test 1RM en sujetos entrenados y no entrenados. En numerosos estudios se han examinado los efectos de distintos tipos de ejercicio (por ej., ejercicio pliométrico y ejercicio de resistencia [diferente intensidad]) en el dolor y el daño musculares (por ej., CK y LDH) y se han hallado incrementos de las lesiones musculares después de estos ejercicios⁵⁻⁹.

Por lo que sabemos, solo en un estudio se ha examinado el efecto del test 1RM (press banca) en los marcadores de lesión e inflamación musculares en deportistas aficionados. Barquilha et al.⁵ hallaron incrementos significativos de la actividad de CK a los 6 días del test, mientras que la concentración de PCR se incrementaba a las 24 y a las 48 h del test 1RM en press banca⁵.

A pesar que en estudios anteriores se intentaba evaluar la lesión muscular después del test 1RM⁵, los datos no son

claros y la información al respecto es muy limitada. En este estudio quisimos evaluar los daños musculares inducidos por el test 1RM para el ejercicio de sentadillas, ya que este ejercicio utiliza o requiere una gran cantidad de masa muscular y suele utilizarse en programas de entrenamiento de resistencia¹⁰. Además, el otro objetivo de este estudio fue evaluar las respuestas de daño muscular al test 1RM en el ejercicio de sentadillas en varones entrenados y no entrenados. Así, el propósito de este estudio fue examinar los efectos del test 1RM de sentadillas en la actividad de CK y la concentración de PCR, además del dolor muscular (cuádriceps e isquiotibiales) en varones entrenados y no entrenados. Se utilizó este enfoque para demostrar, mediante el ejercicio de sentadilla: (i) cambios de CK y PCR en plasma, y (ii) cambios en el dolor muscular del cuádriceps y los isquiotibiales en varones entrenados y no entrenados. Nuestras hipótesis eran: a) que el test 1RM de sentadillas produciría aumentos del dolor y daño musculares, y b) que se observarían mayores incrementos del daño muscular en los varones no entrenados que en los varones entrenados.

Material y métodos**Enfoque experimental del problema**

Se utilizaron dos grupos de sujetos entrenados y no entrenados para comparar el dolor y el daño musculares al realizar el test 1RM de sentadillas. Los sujetos realizaron el test 1RM de sentadillas por la mañana. La actividad de CK, la concentración de PCR y el dolor muscular del cuádriceps y los isquiotibiales se evaluaron antes del test 1RM y a las 24, 48 y 72 horas dentro del período de recuperación.

Tabla 1 Características de los sujetos (media \pm DE)

	Entrenados (n = 10)	No entrenados (n = 10)
Edad (años)	20,7 \pm 2,4	20,6 \pm 2,5
Altura (cm)	175,9 \pm 5,7	174,6 \pm 4,7
Peso (kg)	75,8 \pm 6,1*	70,3 \pm 4,5

*Diferencia significativa ($p < 0,05$) entre grupos.

Sujetos

En este estudio participaron voluntariamente diez varones entrenados y diez no entrenados. Los varones entrenados habían participado en un programa de entrenamiento de resistencia con pesas por lo menos tres veces a la semana durante más de dos años. Los varones no entrenados conocían el entrenamiento de resistencia con pesas (especialmente el ejercicio de sentadillas) pero no habían participado en ningún programa de entrenamiento de resistencia con pesas durante el año anterior. Los sujetos no tenían problemas musculoesqueléticos ni neurológicos y recibieron instrucciones de no utilizar suplementos nutricionales, esteroides anabolizantes ni ningún otro agente anabolizante que aumentara su rendimiento. Todos los sujetos se abstuvieron de realizar ejercicios de resistencia o actividad física durante al menos 7 o 10 días antes del período experimental y durante el mismo. Se informó a los sujetos del objetivo y de los riesgos experimentales de este estudio, y estos firmaron un formulario de consentimiento informado antes de la investigación. El comité de ética de la universidad aprobó el protocolo de investigación. Las características de los sujetos se presentan en la tabla 1.

Diseño del estudio

Se familiarizó a los sujetos con el procedimiento del test de sentadillas durante un día de control aproximadamente una semana antes del inicio del estudio. Durante la sesión de familiarización se obtuvieron las características de los sujetos: edad, altura y peso. Los tests 1RM se realizaron entre las 9.00 y las 11.00 h de la mañana. Los 20 participantes realizaron el test 1RM por el procedimiento de control de contrabalanceo. Se tomó una muestra de sangre por la mañana después de 12 h de ayuno y de aproximadamente 8 h de sueño para determinar el nivel sérico basal de CK y PCR. Se tomaron otras tres muestras de sangre a las 24, 48 y 72 horas durante el período de recuperación a la misma hora del día. Se determinó también el dolor muscular (palpación) del cuádriceps y de los isquiotibiales antes del test 1RM de sentadillas y a las 24, 48 y 72 horas de haberlo realizado. Además, después del test 1RM se determinó la valoración de la percepción del esfuerzo mediante la escala Borg CR15¹¹ para determinar la percepción del esfuerzo de los sujetos entrenados y no entrenados.

Test de una repetición máxima

El test 1RM de sentadillas se realizó de acuerdo con el método descrito anteriormente por Kraemer y Fry¹². En las

sentadillas (1RM), los hombros estaban en contacto con una barra y el ángulo inicial de la rodilla era de 90°. Cuando el sujeto recibía la orden tenía que realizar una extensión concéntrica de los músculos de la pierna desde la posición flexionada hasta alcanzar toda la extensión de 180° contra la resistencia. El tronco debía mantenerse tan recto como fuera posible. Los participantes realizaron una serie de calentamiento de entre 8 y 10 repeticiones con un peso ligero (~ 50% de 1RM). Un segundo calentamiento consistió en una serie de entre 3 y 5 repeticiones con un peso moderado (~ 75% de 1RM) y el tercer calentamiento consistió en una serie de entre 1 y 3 repeticiones con un peso grande (~ 90% de 1RM). Después del calentamiento, cada sujeto se sometió al test 1RM, en el que se aumentaba la carga en intentos consecutivos hasta que los participantes ya no la podían levantar correctamente, no podían realizar el recorrido completo ni aplicar la técnica adecuada. El test 1RM se determinó con ~ 5 series de una repetición, con entre 3 y 5 min de descanso entre intentos¹⁰. Había observadores que verbalmente daban ánimos y seguridad a los sujetos. Los valores de 1RM fueron de 104 \pm 17 kg en los sujetos entrenados y de 70 \pm 11 kg en los no entrenados.

Dolor muscular

Cada sujeto determinó el dolor de su pierna palpándose el cuádriceps y los isquiotibiales. La percepción de dolor se valoró con una escala que iba de 1 (sin dolor) a 10 (mucho, muchísimo dolor)^{6,8}. Esta escala se ha utilizado en otros estudios del dolor muscular⁶⁻⁸. La escala de dolor muscular se modificó insertando una imagen de cada músculo específico. Los sujetos recibieron la instrucción de escribir el índice de dolor de cada músculo concreto en el cuestionario de dolor muscular. El coeficiente de fiabilidad de las mediciones repetitivas del dolor muscular fue de 0,98.

Marcadores sanguíneos

Las muestras de sangre se extrajeron (10 cc) de la vena antecubital y se guardaron en tubos de ensayo vacíos. Se dejó coagular la sangre a temperatura ambiente durante 30 minutos y se centrifugó a 1.500 \times g durante 10 minutos. Se retiró la capa sérica y se congeló a -20 °C en varias partes alícuotas para futuros análisis. La actividad de CK sérica se determinó mediante espectrofotometría por duplicado utilizando un kit disponible en el mercado (Pars Azmun Co, Teherán, Irán) con CV < 5 %. El intervalo normal de referencia de la actividad de CK para los varones con este método era de 35-175 U/L. La concentración de PCR se determinó utilizando un método de inmunoabsorción enzimática (ELISA, por sus siglas en inglés: *enzyme-linked immunosorbant assay*), (DBC, SLT Spectria Instrument, Austria). El coeficiente de variación intraensayo de la PCR fue del 4,7% y el coeficiente de variación interensayo fue del 6,4%.

Análisis estadístico

Los datos se presentan como la media \pm DE. La normalidad de los datos se verificó con el test Kolmogorov-Smirnoff de una muestra; por tanto, no fue necesario realizar un test no paramétrico. Los datos se analizaron mediante medidas

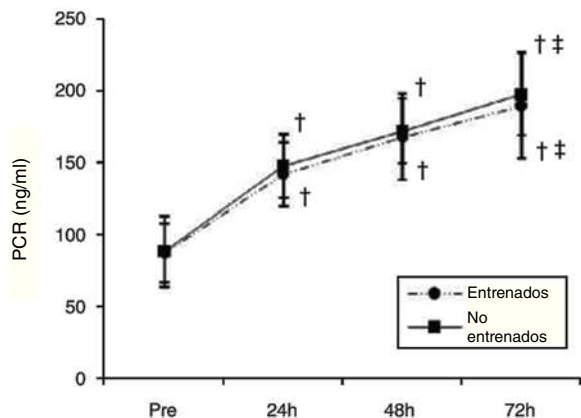


Figura 1 Cambios en la concentración de PCR antes y a las 24, 48 y 72 h posteriores al test 1RM de sentadillas. Los valores son las medias \pm DE. †Diferencia significativa ($p < 0,05$) respecto a los valores iniciales. ‡Diferencia significativa ($p < 0,05$) a las 24 h.

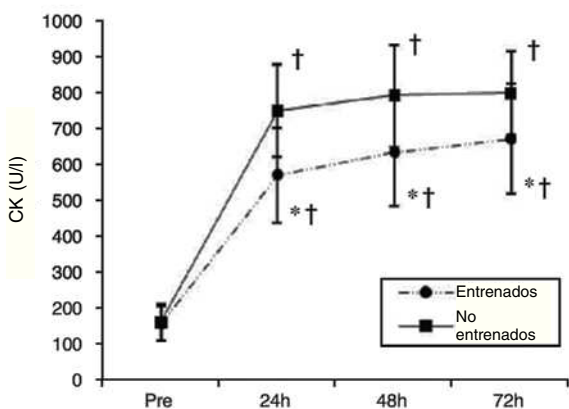


Figura 2 Cambios en la actividad de CK antes y a las 24, 48 y 72 h posteriores al test 1RM de sentadillas. Los valores son las medias \pm DE. †Diferencia significativa ($p < 0,05$) respecto a los valores iniciales. *Diferencia significativa ($p < 0,05$) entre grupos.

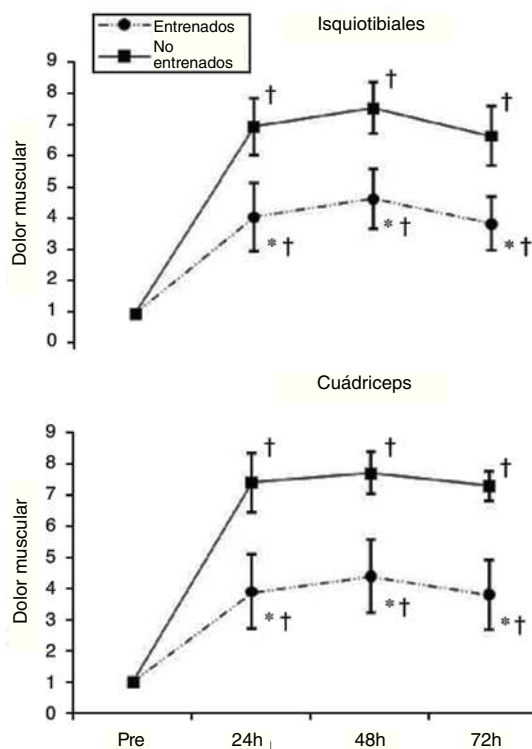


Figura 3 Cambios en el dolor muscular de los isquiotibiales y el cuádriceps antes y a las 24, 48 y 72 h posteriores al test 1RM de sentadillas. Los valores son las medias \pm DE. †Diferencia significativa ($p < 0,05$) respecto a los valores iniciales. *Diferencia significativa ($p < 0,05$) entre grupos.

y el dolor muscular máximo. Se utilizó un nivel α de criterio de $p < 0,05$ para determinar la relevancia estadística. Todos los análisis estadísticos se realizaron con el paquete estadístico SPSS™, versión 16.0 (SPSS, Chicago, Illinois, EE. UU.)

Resultados

repetidas ANOVA bidireccionales (grupo \times tiempo) con contraste programado en otro momento. En los casos en los que se observó un efecto significativo se realizó un análisis mediante la prueba *post hoc* de Bonferroni. Se utilizó el coeficiente de correlación producto-momento de Pearson para determinar la relación entre la actividad máxima de CK

El test 1RM incrementó la concentración de PCR a las 24, 48 y 72 h del test en los sujetos entrenados y en los no entrenados. Además, ambos grupos mostraron incrementos más significativos a las 72 h que a las 24 h posteriores al test 1RM ($p < 0,05$) (fig. 1). La actividad de CK se incrementó considerablemente a las 24 h y hasta las 72 h del periodo de recu-

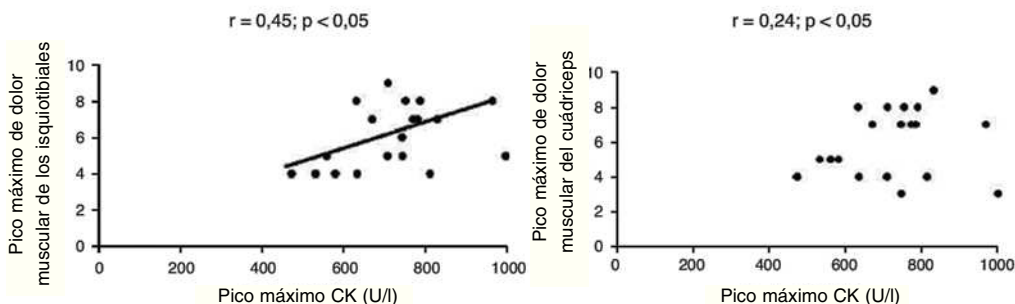


Figura 4 Correlación entre la actividad máxima de CK y el dolor muscular máximo de los isquiotibiales o el cuádriceps ($n = 20$).

peración tanto en los sujetos entrenados como en los no entrenados ($p < 0,05$) (fig. 2). El dolor muscular (cuádriceps e isquiotibiales) se incrementó a las 24, 48 y 72 h del test 1RM (fig. 3); asimismo, se observaron diferencias significativas entre los sujetos entrenados y los no entrenados en daño y dolor musculares después del test 1RM de sentadillas (excepto la concentración de PCR) ($p < 0,05$). No se encontró ninguna correlación entre la actividad máxima de CK y el dolor máximo del cuádriceps ($r = 0,24$; $p > 0,05$) (fig. 4). No obstante, se observó una ligera pero significativa correlación entre la actividad máxima de CK y el dolor máximo de los isquiotibiales ($r = 0,45$; $p < 0,05$) (fig. 4). Se observaron diferencias significativas entre los sujetos entrenados y los no entrenados en RPE después del test 1RM de sentadillas; $14,9 \pm 1,3$ frente a $16,7 \pm 1,4$; $p < 0,05$.

Discusión

Se sabe poco de los efectos del test 1RM sobre el daño y el dolor muscular. Para ello, hemos examinado los efectos del test 1RM de sentadillas (alta intensidad y bajo volumen) en PCR, CK, RPE y el dolor muscular (cuádriceps e isquiotibiales) en los sujetos entrenados y no entrenados. En este estudio se observaron incrementos de PCR que alcanzaron su valor máximo a las 72 h posteriores al test 1RM en sujetos entrenados y no entrenados. No se observaron diferencias significativas entre los sujetos entrenados y los no entrenados, pero sí un incremento de PCR a las 72 h del test en comparación con los valores a las 24 h. Se había señalado anteriormente que los incrementos de PCR están asociados al daño muscular inducido por el ejercicio, con pruebas que relacionaban la tensión y la intensidad del ejercicio con la subsiguiente magnitud de la respuesta de este marcador dentro de la circulación^{8,13}. Se ha señalado que el triatlón y el ultramaratón pueden provocar incrementos considerables de esta proteína^{14,15}. Recientemente, Barquilha et al.⁵ han examinado los efectos del test 1RM en press banca en la lesión muscular y los marcadores de daño e inflamación musculares y han observado incrementos considerables de la concentración de PCR durante el descanso y a las 24 y 48 horas posteriores al test. Sin embargo, los niveles de citoquinas inflamatorias (por ej., interleucina 2 IL-2, IL-8, IL-1 β , factor de necrosis tumoral alfa [TNF- α]) no se incrementaron⁵. Parece que el ejercicio de alta intensidad y bajo volumen puede conllevar incrementos de PCR independientemente de su estado físico (sujetos entrenados frente a sujetos no entrenados), dado que no se halló ninguna diferencia significativa entre sujetos entrenados y no entrenados. De todos modos, no se evaluaron las citoquinas IL-6 ni el TNF- α ; es conocido que estos factores pueden estimular la producción de proteínas de fase aguda, como la PCR^{14,16}. El aumento de la proteína C-reactiva se ha asociado a la activación monocítica y a la síntesis de moléculas de adhesión que seleccionan leucocitos¹⁷.

En este estudio se detectaron incrementos significativos de la actividad de CK y el dolor muscular después del test 1RM de sentadillas, con diferencias significativas entre sujetos entrenados y no entrenados. En estudios anteriores se había indicado que el ejercicio excéntrico inducía incrementos de daño y dolor musculares⁶⁻⁸. La actividad de CK

en sangre y la escala de dolor muscular son los índices de daño muscular más utilizados. Estos se incrementaron considerablemente después del ejercicio excéntrico, lo que concuerda con los datos procedentes de estudios anteriores⁶⁻⁸. En la mayor parte de los estudios realizados en varones se ha demostrado que el ejercicio de resistencia, que tiene también un fuerte componente excéntrico, incrementa la actividad de CK y el dolor muscular^{5,9,18}.

Uchida et al.⁹ realizaron un estudio con el objetivo de investigar las diferentes intensidades del daño muscular en el ejercicio de press banca. Las intensidades eran del 50, el 75, el 90 y el 110% de 1RM. La actividad de CK se incrementó considerablemente en todos los grupos después de la serie, pero no se observaron diferencias significativas entre grupos, probablemente porque los volúmenes totales fueron similares. Paschalis et al.¹⁸ compararon 2 protocolos distintos de ejercicio de resistencia, uno con intensidad moderada y otro con intensidad elevada, y observaron incrementos considerables de CK en ambos protocolos. Por su lado, Barquilha et al.⁵ descubrieron que el ejercicio intenso (test 1RM en press banca) hacía incrementar la actividad de CK y que esta se mantenía durante el período de descanso hasta 6 días después del test. Los incrementos de la actividad de CK y del dolor muscular después del ejercicio excéntrico (p. ej., ejercicio de resistencia) pueden ser una fase negativa de la activación excéntrica, que produce una mayor tensión en la zona transversal de la masa muscular activa, lo que provoca daños musculares estructurales considerables^{6,19,20}. Las diferencias entre los sujetos entrenados y no entrenados en cuanto al daño y al dolor musculares se pueden relacionar con el nivel de entrenamiento o la experiencia previa. Es sabido que en el entrenamiento la experiencia previa tiene un efecto profiláctico en el daño muscular²¹. En el caso de las diferencias entre los sujetos entrenados y no entrenados, los cambios en los patrones de reclutamiento muscular o los cambios ultraestructurales del músculo pueden ser debidos a otros mecanismos²².

Se observó una ligera correlación entre el valor máximo de dolor de los isquiotibiales y la actividad de CK; sin embargo, no se observó ninguna correlación entre el valor máximo de dolor del cuádriceps y la actividad máxima de CK. Nosaka et al.²³ señalaron una ligera correlación entre el dolor muscular y la actividad de CK en plasma después del ejercicio excéntrico de los flexores del codo. Uchida et al.⁹ no indicaron ninguna correlación significativa entre la actividad máxima de CK y el dolor muscular máximo después de las distintas intensidades del ejercicio en press banca. Malm et al.²⁴ documentaron que el dolor muscular puede no estar asociado directamente con el daño y la inflamación de las fibras musculares, sino que se debe a la inflamación del tejido conectivo. Es posible que el daño en el tejido conectivo no se debiera básicamente a la intensidad del ejercicio de sentadillas. Hacen falta más estudios para abordar esa especulación.

El índice de esfuerzo percibido fue mayor en los sujetos no entrenados que en los entrenados después del test 1RM de sentadillas. Se observaron fuertes relaciones lineales entre RPE y la intensidad del ejercicio durante los ejercicios de resistencia, lo que significa que, durante un movimiento de resistencia, las descargas corolarias del córtex motor se envían simultáneamente al músculo receptor y al

córtex somatosensorial. Una mayor intensidad con un volumen bajo tiene como resultado una mayor tensión y el incremento de la selección de unidades motoras y la frecuencia de descarga^{10,11}. Las diferencias significativas de RPE entre los sujetos entrenados y los no entrenados pueden incrementar la selección de la unidad motora, el patrón de selección muscular o la sincronización de las fibras musculares en los sujetos entrenados²².

En conclusión, el test 1RM de sentadillas (alta intensidad y bajo volumen) incrementó la actividad de CK, la concentración de PCR del plasma y el daño muscular en los sujetos entrenados y los no entrenados. Además, el daño muscular fue mayor en los sujetos no entrenados que en los entrenados. De hecho, estos resultados sugieren que hubo daño muscular después del test 1RM. Los resultados de este estudio confirman que el test 1RM puede inducir daño y dolor musculares hasta 72 h después del ejercicio. Por tanto, los entrenadores y preparadores físicos deben tenerlo en cuenta a la hora de iniciar la sesión de entrenamiento posterior a la sesión de test. Además, con relación a la inducción del dolor muscular y el incremento de los índices de lesión muscular en los no deportistas, será mejor utilizar medidas de fuerza como números de RM (p. ej., 3-6 RM) y ecuaciones de predicción de 1RM. En este estudio no se utilizó ninguna medida de la función muscular para evaluar el daño muscular. En el futuro, la investigación debería incluir una medida de la función muscular para confirmar los resultados de este estudio. También puede ser interesante correlacionar el daño y la inflamación musculares con pruebas de imagen, como la resonancia magnética, que pueden demostrar la existencia de edema intra e intermuscular después del test 1RM.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Agradecimientos

Los autores agradecen a los participantes del estudio su dedicación y esfuerzo.

Bibliografía

- Barnard KL, Adams KJ, Swank AM, Mann E, Denny DM. Injuries and muscle soreness during the one repetition maximum assessment in a cardiac rehabilitation population. *J Card Rehabil.* 1999;19:52-8.
- Kraemer WJ, Adams K, Cafarelli E, Dudley GA, Dooly C, Feigenbaum MS, et al. Progression models in resistance training for healthy adults. *Med Sci Sports Exerc.* 2002;34:364-80.
- Kraemer WJ, Ratamess NA. Fundamentals of resistance training: progression and exercise prescription. *Med Sci Sports Exerc.* 2004;36:674-88.
- Horvat M, Ramsey V, Franklin C, Gavin C, Palumbo T, Glass LA. A method for predicting maximal strength in collegiate women athletes. *J Strength Cond Res.* 2003;17:324-8.
- Barquilha G, Uchida MC, Santos VC, Moura NR, Lambertucci RH, Hatanaka E, et al. Characterization of the effects of one maximal repetition test on muscle injury and inflammation markers. *Webmed Central Physiol.* 2011;2:1-8.
- Chatzinikolaou A, Fatouros IG, Gourgoulis V, Avloniti A, Jamurtas AZ, Nikolaidis MG, et al. The course of changes in performance and inflammatory responses after acute plyometric exercise. *J Strength Cond Res.* 2010;24:1389-98.
- Miyama M, Nosaka K. Influence of surface on muscle damage and soreness induced by consecutive drop jumps. *J Strength Cond Res.* 2004;18:206-11.
- Tofas T, Jumurtas AZ, Fatouros I, Nikolaidis MG, Koutedakis Y, Sinouris EA. Plyometric exercise increases serum indices of muscle damage and collagen breakdown. *J Strength Cond Res.* 2008;22:490-6.
- Uchida MC, Nosaka K, Ugrinowitsch C, Yamashita A, Martins JE, Moriscot AS, et al. Effect of bench press exercise intensity on muscle soreness and inflammatory mediators. *J Sports Sci.* 2009;27:499-507.
- Arazi H, Asadi A. The relationship between the selected percentages of one repetition maximum and the number of repetitions in trained and untrained males. *Facta Univ Phys Edu Sport.* 2011;9:25-33.
- Gearhart RF, Goss FL, Lagally KM, Jakicic JM, Gallagher J, Robertson RJ. Standardized scaling procedures for rating perceived exertion during resistance exercise. *J Strength Cond Res.* 2001;15:320-5.
- Kraemer WJ, Fry AC. *ACSM's guidelines for exercise testing and prescription.* 6th ed. Champaign, IL: Human Kinetics; 1995.
- Neubauer O, König D, Wagner KH. Recovery after an Ironman triathlon: Sustained inflammatory responses and muscular stress. *Eur J Appl Physiol.* 2008;104:417-26.
- Semple SJ, Smith LL, McKune AJ, Neveling N, Wade A. Alterations in acute-phase reactants (CRP, rheumatoid factor, complement, factor B, and immune complexes) following an ultramarathon. *South African J Sports Med.* 2004;20:17-21.
- Taylor C, Rogers G, Goodman C, Baynes RD, Bothwell TH, Bezwoda WR, et al. Hematologic, iron-related, and acute phase protein responses to sustained strenuous exercise. *J Appl Physiol.* 1987;62:464-9.
- Du Closs TW. Function of C-reactive protein. *Ann Med.* 2000;32:274-8.
- Torzewski M, Rist C, Mortensen RF, Zwaka TP, Bienek M, Waltenberger J, et al. C-reaction protein in the arterial intima: role of C-reaction protein receptor-dependent monocyte recruitment in atherogenesis. *Arterioscler Thromb Vasc Biol.* 2000;20:2094-9.
- Paschalis V, Koutedakis Y, Jamurtas AZ, Mougios V, Baltzopoulos V. Equal volumes of high and low intensity of eccentric exercise in relation to muscle damage and performance. *J Strength Cond Res.* 2005;19:184-8.
- Armstrong RB, Oglivie RW, Schwane JA. Eccentric exercise induced injury to rat skeletal muscle. *J Appl Physiol.* 1983;54:80-3.
- Clarkson PM, Tremblay I. Exercise induced muscle damage, repair and adaptations in human. *J Appl Physiol.* 1988;65:1-6.
- Clarkson PM, Nosaka K, Braun B. Muscle function after exercise induced muscle damage and repair adaptation. *Med Sci Sports Exerc.* 1992;24:512-20.
- Stupka N, Tarnopolsky MA, Yardley NJ, Phillips SM. Cellular adaptation to repeated eccentric exercise-induced muscle damage. *J Appl Physiol.* 2001;91:1669-78.
- Nosaka K, Newton M, Sacco P. Delayed-onset muscle soreness does not reflect the magnitude of eccentric exercise-induced muscle damage. *Scand J Med Sci Sports.* 2002;12:337-46.
- Malm C, Nyberg P, Engstrom M, Sjodin B, Lenkei R, Ekblom B, et al. Immunological changes in human skeletal muscle and blood after eccentric exercise and multiple biopsies. *J Physiol.* 2000;529:243-62.