

apunts

MEDICINA DE L'ESPORT

www.apunts.org



TREBALL ORIGINAL

El test d'una repetició màxima incrementa els índexs sèrics de dany i dolor muscular en homes entrenats i no entrenats

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

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

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

Rebut el 2 de juny de 2012; acceptat el 25 de setembre de 2012.

PARAULES CLAU

1RM;
Creatina cinasa;
Proteïna C reactiva;
Esquat;
Dolor muscular

Resum

Introducció. L'objectiu d'aquest estudi fou examinar l'efecte del test d'una repetició màxima en el dany i el dolor muscular en homes entrenats i no entrenats.

Mètodes: Participaren a l'estudi 10 homes entrenats (E) i 10 no entrenats (NE). Els subjectes realitzaren un test d'una repetició màxima (1RM) de l'exercici d'esquat, i s'avaluà l'activitat de la creatina cinasa (CK), la concentració de la proteïna C reactiva (PCR) i el dolor muscular (quàdriceps i isquiotibials), a l'inici i al cap de 24, 48 i 72 hores després del test 1RM.

Resultats: S'observaren increments significatius de l'activitat de la CK i dolor muscular a les 24, 48 i 72 hores després del test 1RM, així com diferències significatives entre els subjectes entrenats i els no entrenats ($p < 0,05$). En les concentracions de PCR, ambdós grups mostraren increments significatius en el descans, a les 24, 48 i 72 hores posteriors al test 1RM, i a les 72 hores en comparació amb les 24 hores ($p < 0,05$). No es detectaren diferències significatives de la concentració de la PCR ($p > 0,05$) entre els dos grups.

Conclusió: En conclusió, el test d'1RM en l'exercici d'esquat (intensitat alta i volum baix) incrementa l'activitat de la CK, la concentració de la PCR en el plasma i el dolor muscular en subjectes entrenats i no entrenats. Es pot observar que el test 1RM pot induir dany muscular, cosa que suposaria un factor negatiu tant per als esportistes com per a la resta d'individus, donat que el dolor muscular s'associa a una disminució del rendiment.

© 2012 Consell Català de l'Esport. Generalitat de Catalunya. Publicat per Elsevier España, S.L. Tots els drets reservats.

*Autor per a correspondència.

Correu electrònic: 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.

Introducció

La intensitat de l'exercici de resistència sol estar determinada pel percentatge d'una repetició màxima (1RM). Abans de dissenyar un programa d'entrenament de resistència, els entrenadors i preparadors físics normalment utilitzen el test 1RM per avaluar la força muscular, donat que aquest test té diversos avantatges, com una implementació fàcil, baix cost i capacitat per adaptar-se a la realitat d'esports diferents¹.

Molts individus, tant esportistes com la població en general, han utilitzat l'entrenament de resistència per estimular i mantenir la salut i la qualitat de vida^{2,3}, i han dissenyat la intensitat de l'exercici basada en el test 1RM, que té per objectiu estimular la força màxima de l'executant amb l'aixecament del màxim pes possible en un únic esforç màxim i moviment complet⁴. Tanmateix, no s'han estudiat prou els canvis fisiològics induïts pel test 1RM. Cal destacar que no hi ha massa estudis sobre les lesions i el dolor muscular causats pel test d'1RM en subjectes entrenats i no entrenats. Diversos estudis han examinat els efectes de diferents tipus d'exercici (per. ex., exercici pliomètric i exercici de resistència [de diferent intensitat]) en el dany i el dolor musculars (per. ex., CK i LDH) i trobaren increments de lesions musculars després d'aquests exercicis⁵⁻⁹.

Pel que sabem, únicament un estudi examinà l'efecte del test d'1RM (pressió sobre banc) en la lesió muscular i els marcadors d'inflamació d'esportistes aficionats. Barquilha et al.⁵ trobaren increments significatius de l'activitat de CK als 6 dies del test, mentre que la concentració de PCR s'incrementava a les 24 i a les 48 hores posteriors al test d'1RM en pressió sobre banc⁵.

Tot i que estudis anteriors intentaren avaluar el dany muscular després del test 1RM⁵, les dades no són prou

clares i la informació sobre aquest tema és molt limitada. En aquest estudi hem pretès avaluar les lesions musculars induïdes pel test 1RM en l'exercici d'esquat, donat que aquest exercici utilitza o requereix una gran quantitat de massa muscular i se sol utilitzar en programes d'entrenament de la resistència¹⁰. L'altre objectiu d'aquest estudi fou avaluar les respostes al dany muscular del test 1RM en l'exercici d'esquat en homes entrenats i no entrenats. Per tant, el propòsit d'aquest estudi fou examinar els efectes del test 1RM de l'exercici d'esquat en l'activitat de la CK i la concentració de PCR, a més del dolor muscular (quadriceps i isquiotibials) en homes entrenats i no entrenats.

S'ha utilitzat aquest enfocament per demostrar, mitjançant l'exercici d'esquat: a) canvis de CK i PCR en el plasma, i b) canvis del dolor muscular del quàdriceps i els isquiotibials en homes entrenats i no entrenats. Les nostres hipòtesis foren: a) que el test de l'exercici d'esquat 1RM podia augmentar el dolor i danys musculars, b) el dolor muscular podria ser més intens en els homes no entrenats que en els entrenats.

Material i mètodes**Enfocament experimental del problema**

S'utilitzaren dos grups de subjectes entrenats i no entrenats per comparar el dolor i dany musculars en realitzar el test 1RM de l'exercici d'esquat. Els subjectes van executar el test 1RM d'esquat al matí. L'activitat de la CK, la concentració de la PCR i el dolor muscular del quàdriceps i els isquiotibials s'avaluaren abans del test 1RM i a les 24, 48 i 72 hores dins del període de recuperació.

Taula 1 Característiques dels subjectes (mitjana \pm DE)

	Entrenats (n = 10)	No entrenats (n = 10)
Edat (anys)	20,7 \pm 2,4	20,6 \pm 2,5
Alçada (cm)	175,9 \pm 5,7	174,6 \pm 4,7
Pes (kg)	75,8 \pm 6,1*	70,3 \pm 4,5

*Diferència significativa entre grups ($p < 0,05$).

Subjectes

Participaren voluntàriament en aquest estudi deu homes entrenats i deu no entrenats. Els entrenats havien participat en un programa d'entrenament de resistència amb peses, almenys tres vegades a la setmana, durant més de dos anys. Els homes no entrenats coneixien l'entrenament de resistència amb peses (especialment l'exercici d'esquat), però no havien participat en cap programa d'entrenament de resistència amb peses durant l'any anterior. Els subjectes no patien problemes musculoesquelètics ni neurològics i van rebre instruccions de no utilitzar suplementos nutricionals, esteroides anabolitzants ni cap altre agent anabolitzant per augmentar el rendiment. Tots els subjectes s'abstingueren de realitzar exercicis de resistència o activitat física com a mínim de 7 a 10 dies abans del període experimental i durant aquest període. Els subjectes foren informats de l'objectiu i els riscos experimentals d'aquest estudi i signaren el consentiment informat abans de la investigació. El protocol d'investigació fou aprovat pel comitè d'ètica de la universitat. Les característiques dels subjectes es presenten a la taula 1.

Disseny de l'estudi

Els subjectes es van familiaritzar amb el procediment del test d'esquat durant un dia de control aproximadament una setmana abans de l'inici de l'estudi. Durant la sessió de familiarització s'obtingueren les característiques dels subjectes, com l'edat, l'alçada i el pes. Els tests 1RM es realitzaren entre les 9.00 i les 11.00 h del matí. Els 20 participants realitzaren el test 1RM pel procediment de control de contralalanceig. Es prengué una mostra de sang al matí, en dejú de 12 h i havent-ne dormit unes 8 per determinar el nivell sèric basal de la CK i la PCR. Es prengueren tres mostres més de sang, a les 24, 48 i 72 hores, durant el període de recuperació, a la mateixa hora del dia. Es determinà també el dolor muscular (palpació) del quàdriceps i dels isquiotibials abans del test d'esquat 1RM i a les 24, 48 i 72 hores d'haver-lo realitzat. A més, després del test 1RM es determinà la valoració de la percepció de l'esforç dels subjectes entrenats i no entrenats, mitjançant l'escala de Borg CR15¹¹.

Tests d'una repetició màxima

El test 1RM de l'exercici d'esquat es realitzà d'acord amb el mètode descrit anteriorment per Kraemer i Fry¹². En l'esquat (1RM), els subjectes tenien les espatlles en contacte amb una barra, i l'angle inicial del genoll era de 90°.

Quan el subjecte rebia l'ordre havia de fer una extensió concèntrica dels músculs de la cama des de la posició flexionada fins a aconseguir la total extensió de 180° enfront d'una resistència. Calia que mantingués el tronc el més recte possible. Els participants realitzaren una sèrie d'escalfaments que oscil·lava entre 8 i 10 repeticions amb una càrrega lleugera (~ 50% d'1RM). Un segon escalfament consistí en una sèrie d'entre 3 i 5 repeticions amb una càrrega moderada (~ 75% d'1RM) i el tercer escalfament consistí en una sèrie d'entre 1 i 3 repeticions amb càrrega forta (~ 90% d'1RM). Després de l'escalfament, cada subjecte es va sotmetre al test 1RM, mitjançant l'augment progressiu de la càrrega en intents consecutius fins que els participants ja no podien aixecar correctament la càrrega o no podien realitzar el recorregut complet ni aplicar la tècnica adequada. El test 1RM es determinà amb ~ 5 sèries d'una repetició, i de 3 a 5 min de descans entre intents¹⁰. Hi havia observadors que animaven els subjectes i els donaven seguretat. Els valors d'1RM dels subjectes entrenats foren de 104 \pm 17 kg, i de 70 \pm 11 kg els no entrenats.

Dolor muscular

Els subjectes s'avaluaren el dolor de la cama palpant-se el quàdriceps i els isquiotibials. La percepció del dolor es valorà amb una escala que oscil·lava de l'1 (sense dolor) al 10 (el màxim dolor)^{6,8}. Aquesta escala ha estat utilitzada en altres estudis sobre el dolor muscular⁶⁻⁸. L'escala de dolor muscular es modificà inserint una imatge de cada múscul específic. Els subjectes reberen l'ordre d'escriure l'índex de dolor de cada múscul concret en el qüestionari de dolor muscular. El coeficient de fiabilitat dels mesuraments repetitius del dolor muscular fou de 0,98.

Marcadors sanguinis

Les mostres de sang es van extreure (10 cc) de la vena antecubital i es van guardar en tubs d'assaig buits. Es va deixar coagular la sang a temperatura ambient durant 30 minuts i es centrifugà a 1.500 \times g durant 10 minuts. Es retirà la capa sèrica i es congelà a -20 °C en diverses parts alíquotes per a futures anàlisis. L'activitat de CK sèrica es determinà mitjançant espectrofotometria per duplicat utilitzant un kit disponible al mercat (Pars Azmunco, Teheran, Iran) amb CV < 5%. L'interval normal de referència de l'activitat de la CK dels homes amb aquest mètode fou de 35-175 U/L. La concentració de PCR es determinà utilitzant el mètode d'immunoabsorció enzimàtica ELISA (*enzyme-linked immunosorbent assay*, segons l'acrònim anglès) (DBC, SLT Spectria Instrument, Àustria). El coeficient de variació intraassaig de la PCR fou del 4,7% i el coeficient de variació interassaig del 6,4%.

Anàlisi estadística

Les dades es presenten com la mitjana \pm DE. La normalitat de les dades es verificà amb una mostra de la prova de Kolmogorov-Smirnoff; per tant, no calgué realitzar un test no paramètric. Les dades foren analitzades mitjançant una tècnica de disseny ANOVA bidireccional (grup \times temps) de mesures repetides, amb contrast programat en un altre

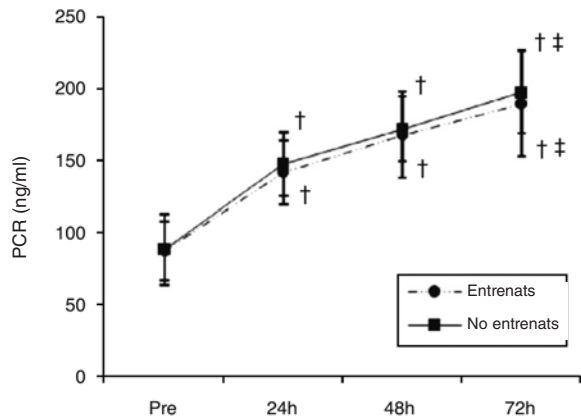


Figura 1 Canvis de la concentració de PCR abans i a les 24, 48 i 72 h posteriors al test d'esquat d'1RM. Els valors són les mitjanes ± DE. †Diferència significativa ($p < 0,05$) respecte al valor inicial. ‡Diferència significativa ($p < 0,05$) a les 24 h.

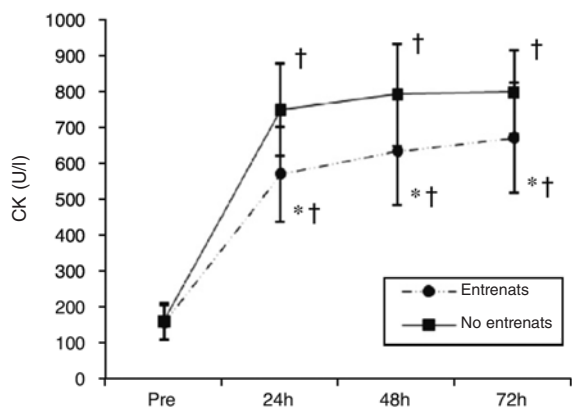


Figura 2 Canvis en l'activitat de CK abans i a les 24, 48 i 72 h després del test d'esquat d'1RM. Els valors són les mitjanes ± DE. †Diferència significativa respecte al valor inicial ($p < 0,05$). *Diferència significativa entre grups ($p < 0,05$).

moment. En els casos en què s'observà un efecte significatiu, es realitzà una anàlisi mitjançant el test *post hoc* de Bonferroni. S'utilitzà el coeficient de correlació de Pearson per determinar la relació entre l'activitat màxima de la CK i el pic del dolor muscular. Per determinar la rellevància estadística s'utilitzà un nivell de significació α de $p < 0,05$.

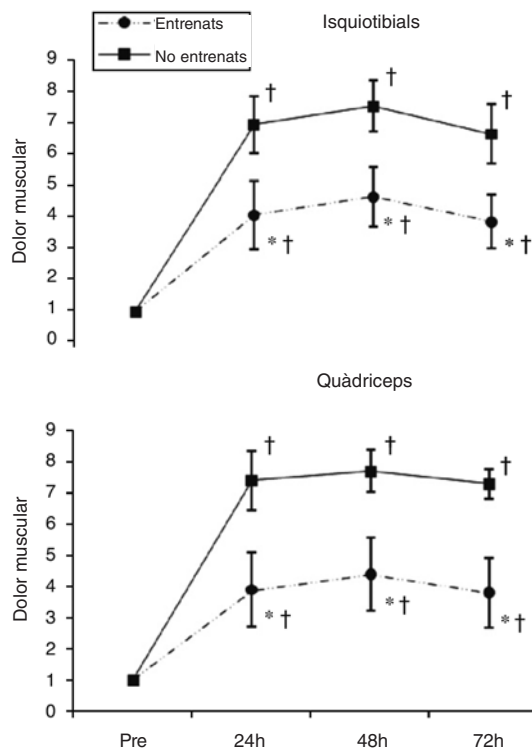


Figura 3 Canvis del dolor muscular dels isquiotibials i del quàdriceps abans i a les 24, 48 i 72 h posteriors al test d'esquat d'1RM. Els valors són les mitjanes ± DE. †Diferència significativa respecte al valor inicial ($p < 0,05$). *Diferència significativa entre grups ($p < 0,05$).

L'anàlisi de dades es realitzà amb el paquet estadístic (SPSS™, versió 16.0, Chicago, IL, EUA).

Resultats

El test 1RM incrementà la concentració de la PCR a les 24, 48 i 72 h del test en els subjectes entrenats i en els no entrenats. A més, ambdós grups mostraren increments més significatius a les 72 h que a les 24 h posteriors al test 1RM ($p < 0,05$) (fig. 1). L'activitat de la CK s'incrementà considerablement de les 24 a les 72 h del període de recuperació, tant en els subjectes entrenats com en els no entrenats ($p < 0,05$) (fig. 2). El dolor muscular (quàdriceps i isquioti-

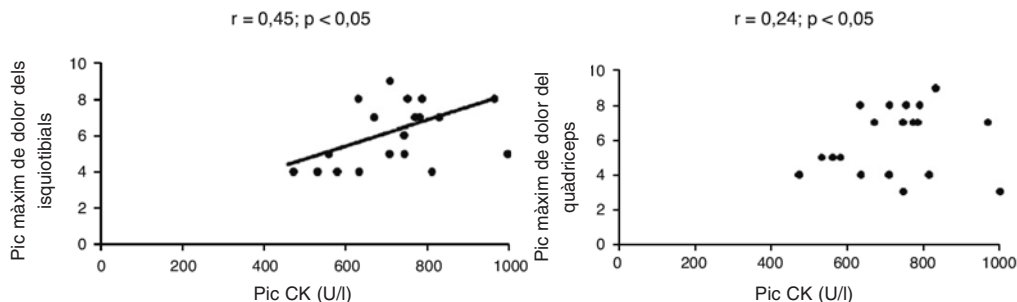


Figura 4 Correlació entre l'activitat màxima de la CK i el dolor muscular màxim dels isquiotibials o el quàdriceps ($n = 20$).

bials) s'incrementà a les 24, 48 i 72 h posteriors al test 1RM (fig. 3); també s'observaren diferències significatives de danys i dolor muscular entre els subjectes entrenats i els no entrenats, després del test d'esquat 1RM (excepte en la concentració de PCR) ($p < 0,05$). No hi hagué una correlació significativa entre l'activitat màxima de la CK i el dolor màxim del quàdriceps ($r = 0,24$; $p > 0,05$) (fig. 4). Tanmateix, s'observà una lleugera però significativa correlació entre l'activitat màxima de la CK i el dolor màxim dels isquiotibials ($r = 0,45$; $p < 0,05$) (fig. 4). En l'escala *RPE* (*Rated Perceived Exertion, index de percepció de l'esforç*) s'observaren diferències significatives entre els subjectes entrenats i els no entrenats, després del test d'esquat d'1RM; $14,9 \pm 1,3$ enfront de $16,7 \pm 1,4$; $p < 0,05$.

Discussió

Ha estat poc estudiat l'efecte que produeix el test d'1RM en el dany i dolor muscular, per això hem estudiat els efectes del test d'1RM de l'exercici d'esquat (alta intensitat i baix volum) en la PCR, la CK, l'RPE i el dolor muscular (quàdriceps i isquiotibials) dels subjectes entrenats i no entrenats. En aquest treball s'observaren increments de la PCR que assoliren el seu valor màxim a les 72 h del test d'1RM en els subjectes entrenats i els no entrenats. No s'observaren diferències significatives entre els subjectes entrenats i els no entrenats, però sí un increment de la PCR a les 72 h posteriors al test en comparació amb els valors a les 24 h. Ja se sabia que els increments de la PCR estaven associats al dany muscular induït per l'esforç, amb proves que relacionaven la tensió i la intensitat de l'exercici amb la subsegüent magnitud de la resposta d'aquest marcador en la circulació^{8,13}. S'ha assenyalat que la cursa de triatló i la ultramarató poden provocar increments considerables d'aquesta proteïna^{14,15}. Recentment, Barquilha et al.⁵ han examinat l'efecte del test 1RM (pressió sobre banc) en la lesió muscular i els marcadors d'inflamació i han observat increments considerables de la concentració de la PCR durant el descans, a les 24 i 48 hores posteriors al test. Tanmateix, els nivells de citocines inflamatòries (per ex., interleucina 2, IL-2, IL-8, IL-1 β , factor de necrosi tumoral alfa [TNF- α]) no s'incrementaren⁵. Sembla que l'exercici d'alta intensitat i baix volum pot comportar increments de la PCR independentment de l'estat físic (subjectes entrenats enfront de subjectes no entrenats), atès que no es van trobar diferències significatives entre els subjectes entrenats i els no entrenats. No obstant això, no es van avaluar les citocines IL-6 ni el TNF- α ; és sabut que aquests factors poden estimular la producció de proteïnes de fase aguda, com la PCR^{14,16}. L'augment de la proteïna C reactiva s'ha associat a l'activació monocítica i a la síntesi de molècules d'adhesió que recluten leucòcits¹⁷.

Aquest estudi detectà increments significatius de l'activitat de la CK i dolor muscular després de realitzar el test d'1RM de l'exercici d'esquat amb diferències significatives entre els subjectes entrenats i els no entrenats. Estudis previs havien mostrat que l'exercici excèntric induïa increments de dany i dolor muscular⁶⁻⁸. L'activitat de la CK en sang i l'escala de dolor muscular són els índexs de dany muscular més utilitzats, i s'incrementaren considerable-

ment amb exercicis excèntrics, la qual cosa concorda amb les dades procedents d'estudis anteriors⁶⁻⁸. En la major part dels estudis realitzats en homes s'ha demostrat que l'exercici de resistència, que té també un fort component excèntric, incrementa l'activitat de la CK i el dolor muscular^{5,9,18}.

Uchida et al.⁹ realitzaren un estudi amb l'objectiu d'investigar les diferents intensitats del dany muscular en l'exercici de pressió sobre banc. Les intensitats foren del 50, el 75, el 90 i el 110% d'1RM. L'activitat de la CK s'incrementà considerablement en tots els grups després de la sèrie, però no s'observaren diferències significatives entre grups, probablement perquè els volums totals foren similars. Paschalis et al.¹⁸ compararen dos protocols diferents d'exercicis de resistència, un d'intensitat moderada i un altre d'alta intensitat, i observaren increments considerables de CK en ambdós protocols. També, Barquilha et al.⁵ veieren que l'exercici intens (test 1RM de pressió sobre banc) feia incrementar l'activitat de la CK i es mantenia durant el període de descans fins a 6 dies després de l'exercici. Els increments de l'activitat de la CK i del dolor muscular després de l'exercici excèntric (per ex., exercici de resistència) poden ser una fase negativa de l'activació excèntrica, que produeix una tensió més gran a la zona transversal de la massa muscular activa, la qual cosa provoca lesions musculars estructurals considerables^{5,19,20}. Les diferències entre els subjectes entrenats i els no entrenats, quant a dany i dolor musculars, es poden relacionar amb el nivell d'entrenament o l'experiència prèvia. És prou sabut que en l'entrenament l'experiència prèvia té un efecte profilàctic del dany muscular²¹. En el cas de les diferències entre els subjectes entrenats i els no entrenats, els canvis en els patrons de reclutament muscular o els canvis ultraestructurals del múscul poden ser deguts a altres mecanismes²².

S'observà una lleugera correlació entre el valor màxim de dolor dels isquiotibials i l'activitat de la CK; no obstant això, no s'observà cap correlació entre el valor màxim de dolor del quàdriceps i l'activitat màxima de la CK. Nosaka et al.²³ van assenyalar una lleugera correlació entre el dolor muscular i l'activitat de la CK en el plasma després de l'exercici excèntric dels flexors del colze. Uchida et al.⁹ indicaren que no hi havia cap correlació significativa entre l'activitat màxima de la CK i el dolor muscular màxim després de les diferents intensitats d'exercici al banc. Malm et al.²⁴ mostraren que el dolor muscular podia no estar relacionat directament amb el dany i la inflamació de les fibres musculars, sinó que era degut a la inflamació del teixit connectiu. És possible que el dany del teixit connectiu no fos degut essencialment a la intensitat de l'exercici d'esquat. Calen més estudis per tractar aquesta especulació.

L'índex d'esforç percebut fou més gran en els subjectes no entrenats que en els entrenats, després de l'exercici d'esquat 1RM. S'observaren fortes relacions lineals entre l'RPE i la intensitat de l'exercici durant els exercicis de resistència, la qual cosa significa que, durant un moviment de resistència, les descàrregues corol·làries del còrtex motor s'envien simultàniament al múscul receptor i al còrtex somatosensorial. Una intensitat més elevada amb un volum baix comporten una major tensió i un increment del

reclutament d'unitats motores i freqüència de descàrrega^{10,11}.

Les diferències significatives de l'RPE entre els subjectes entrenats i els no entrenats poden incrementar el reclutament de la unitat motora, el patró de reclutament muscular o la sincronització de les fibres musculars dels subjectes entrenats²².

En conclusió, l'exercici d'esquat d'1RM (alta intensitat i volum baix) incrementà l'activitat de la CK, la concentració de PCR del plasma i el dany muscular en els subjectes entrenats i els no entrenats. A més, el dany muscular fou més elevat entre els subjectes no entrenats que en els entrenats. De fet, aquests resultats suggereixen que hi hagué dany muscular després del test 1RM. Els resultats d'aquest estudi confirmen que els tests 1RM poden induir dany i dolor musculars fins a 72 h després de l'exercici. Per tant, els entrenadors i preparadors físics han de tenir-ho present a l'hora d'iniciar la sessió d'entrenament posterior a la sessió de tests. A més, en relació amb la inducció del dolor muscular i l'increment dels índexs de dany muscular en els no esportistes, seria millor utilitzar mesures de força, com nombres d'RM (per ex., 3-6 RM) i equacions de predicció d'1RM. En aquest estudi no s'utilitzà cap mesura de la funció muscular per avaluar el dany muscular. Estudis posteriors haurien d'incloure una mesura de la funció muscular per confirmar els resultats d'aquest estudi. També podria ser interessant correlacionar el dany i la inflamació musculars amb proves d'imatge, com la ressonància magnètica, que poden demostrar l'existència d'edema intra i intermuscular després del test d'1RM.

Conflicte d'interessos

Els autors declaren que no tenen cap conflicte d'interessos.

Agraïments

Els autors agraeixen als participants a l'estudi la seva dedicació i esforç.

Bibliografia

- 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.