

apunts

MEDICINA DE L'ESPORT

www.apunts.org



TREBALL ORIGINAL

Per millorar la recuperació muscular de la part superior del braç després del dany induït per l'exercici no n'hi ha prou amb usar durant 12 h una màniga de compressió

Mikhail Santos Cerqueira^a, Lucio Santos Borges^a, José Alberto dos Santos Rocha^a, Helder Brito Andrade^a, Uanderson Silva Pirôpo^a, Luis Augusto Lupato Conrado^b, Rafael Pereira^{a,*}

^a Research Group in Neuromuscular Physiology, Department of Biological Sciences, State University of Southwest Bahia (UESB), Jequié 45210-506, BA, Brasil

^b University Camilo Castelo Branco (Unicastelo), Eugênio de Melo 12247-004, São Jose dos Campos, SP, Brasil

Rebut el 3 de juny de 2014; acceptat el 29 de juliol de 2014

PARAULES CLAU

Dany muscular;
Contracció excèntrica;
Màniga de compressió;
Flexors del colze;
Rehabilitació

Resum

Objectiu: Avaluar l'eficàcia de la màniga de compressió usada durant un període de temps curt (12 h) en la recuperació dels símptomes del dany muscular induït per l'exercici dels músculs del braç.

Mètode: En un estudi aleatori controlat, 13 homes joves sans realitzaren un protocol d'exercicis estandarditzat per induir dany muscular als flexors del colze. Es dividiren en 2 grups: experimental (n = 7) i control (n = 6). Es prengueren mesures de la força isomètrica de flexió del colze, la circumferència del braç (CB) i la percepció del dolor muscular abans i a les 24, 48, 72 i 96 h posteriors a l'exercici, i s'utilitzaren com a criteris de dany muscular induït per l'exercici. Es van fer comparacions entre grups de cada variable amb un ANOVA de 2 vies (2 grups × 5 mesures) i amb un nivell de significació de $p < 0,05$.

Resultats: S'observà una pèrdua important ($p < 0,001$) de la força muscular (~43% i ~34% en els grups control i experimental, respectivament, 24 h després de l'exercici) i un augment significatiu ($p < 0,001$) en la circumferència del braç i dolor muscular ($F_{4,55} = 6,49$ per a CB i $F_{4,55} = 6,95$ per al dolor muscular) en prendre les mesures després de l'exercici, en tots 2 grups, sense diferències significatives entre ells.

Conclusions: Els nostres resultats, juntament amb troballes prèvies, suggereixen que l'ús de la màniga de compressió durant 12 h no és suficient per millorar la recuperació dels símptomes del dany muscular induït per l'exercici dels músculs del braç, i que per aconseguir resultats positius són necessaris períodes més llargs de compressió.

© 2014 Consell Català de l'Esport. Generalitat de Catalunya. Publicat per Elsevier Espanya, S.L.U. Tots els drets reservats.

* Autor per a correspondència.

Correu electrònic: rafaelpereira@brjb.com.br (R. Pereira).

KEYWORDS

Muscle damage;
Eccentric contraction;
Compression sleeve;
Elbow flexors;
Rehabilitation

Twelve hours of a compression sleeve is not enough to improve the muscle recovery of an exercise-damaged upper arm

Abstract

Objective: To assess the efficacy of a compression sleeve worn for a short-time period (12 h) on the recovery from the symptoms of exercise-induced upper arm muscle damage.

Methods: A randomized controlled study was conducted on thirteen healthy young men using a standardized and exercise-induced upper arm muscle damage protocol, and they were immediately placed into two groups: TREATED (n = 7) and CONTROL (n = 6). Isometric elbow flexion strength, upper arm circumference, and muscle soreness measurements were taken before and at 24, 48, 72 and 96 h after the damaging exercise, and were used as criteria of exercise-induced muscle damage. Group comparisons were made for each variable using a two-way ANOVA design (2 groups × 5 measurements), and with a significance level of $P < .05$.

Results: A significant impairment ($P < .001$) was observed in muscle strength (~ 43% and ~ 34%, for CONTROL and TREATED groups, respectively, 24 h after exercise), as well as a significant increase ($P < .001$) in upper arm circumference (UAC) and muscle soreness ($F_{4,55} = 6.49$ for UAC and $F_{4,55} = 6.95$ for muscle soreness) among the measurements after exercise for both groups, with no significant differences between them.

Conclusions: These results, together with previous findings, suggest that the use of a compression garment for 12 h is not enough to improve the recovery from exercise-induced muscle damage in the upper arm, and longer periods of compression may be necessary to achieve positive outcomes.

© 2014 Consell Català de l'Esport. Generalitat de Catalunya. Published by Elsevier España, S.L.U. All rights reserved.

Introducció

El dany muscular induït per l'exercici (DMIE) després de contraccions excèntriques és una condició ben descrita, que està clínicament caracteritzada per alteracions funcionals, com disminució de la capacitat màxima de produir força, canvis en la producció de longitud de força òptima, augment de la tensió passiva i edema muscular¹⁻³. Aquests canvis poden produir una limitació del rendiment esportiu⁴⁻⁵ i augmentar el risc de lesió⁶.

Recuperar la funció muscular, després d'un episodi de lesió, és un tema rellevant que ha polaritzat l'atenció de diversos investigadors, fisioterapeutes i entrenadors. Per tal de fomentar la recuperació muscular, algunes de les estratègies de recuperació emprades han consistit en contrastar la teràpia amb aigua, la crioteràpia amb bosses de gel o immersió en aigua freda, exercici actiu de baixa intensitat, fototeràpia, massatge i peça de compressió^{5,7-12}.

L'ús de peces de compressió per millorar la recuperació muscular ha mostrat resultats prometedors^{10,12-13}. Hi ha evidència que aquesta modalitat de tractament pot contribuir a una recuperació més ràpida de la funció muscular, i redueix el dolor muscular post exercici i la inflor^{12,14} a causa dels beneficis potencials obtinguts per efectes físics, fisiològics o psicològics, tot i que els mecanismes subjacents no han estat prou explicats¹⁴.

Malgrat els resultats suggerits, cal tenir en compte que la majoria d'estudis que utilitzen peces de compressió involucren el membre inferior.

En un estudi de metanàlisi recent Hill et al.¹² van localit-

zar 12 estudis que establien uns criteris, tot i que només 3 incloïen la màniga de compressió en el membre superior després del dany produït per l'exercici^{13,15,16}.

És interessant que en aquests estudis la màniga de compressió s'usà a les 72 o 120 h següents al dany causat per l'exercici, mentre que altres estudis reporten resultats efectius de mitges de compressió només a les 12 h següents al dany produït als membres inferiors^{9,10,17}.

És important destacar que les estratègies de recuperació postexercici no sols han de ser eficaces, sinó que també han de promoure l'adhesió al tractament, cosa que implica un temps necessari de tractament per assolir resultats eficaços. No obstant això, sembla que els períodes de tractament, de 72 h o més, són llargs, mentre que els tractaments per períodes curts, unes 12 h, poden millorar l'adhesió al tractament, però, pel què sabem, no hi ha estudis que hagin investigat l'eficàcia de la màniga de compressió usada en períodes curts, com 12 h, en la recuperació dels símptomes del DMIE dels músculs superiors del braç. Aquesta qüestió és important perquè l'exercici de la part superior del cos causa un nivell de dany muscular i dolor major que l'exercici de la part inferior¹⁸⁻²⁰. Per tant, és possible plantejar la hipòtesi que l'ús de mànigues de compressió per períodes de temps curts pot no ser suficient per proporcionar una recuperació efectiva, com s'observa quan s'apliquen a peces de compressió a la part inferior del cos.

Per tant, aquest estudi es dugué a terme per avaluar l'eficàcia de la màniga de compressió usada durant períodes de temps curts (12 h), per recuperar els símptomes del DMIE dels músculs superiors del braç.

Materials i mètodes

Participants

En un estudi aleatori controlat, 13 subjectes sense experiència prèvia en exercicis excèntrics i que no havien practicat entrenament de resistència regular durant els últims 6 mesos donaren el consentiment informat per participar en aquest estudi, aprovat pel comitè d'ètica de la Universidade Estadual do Sudoeste del Estado da Bahia (protocol # 06615313.8.0000.0055), d'acord amb la Declaració d'Hèlsinki.

Els subjectes foren observats per confirmar que no tenien malalties neuromusculars ni problemes musculoesquelètics a l'extremitat superior no dominant, abans de l'inici de l'estudi. A més, se'ls demanà que s'abstinguessin de practicar exercicis no habituals o activitat física vigorosa i que no prenguessin cap medicament antiinflamatori o altres modalitats terapèutiques durant el període experimental.

Disseny experimental

Aquest estudi fou dissenyat per comprovar l'efecte de la banda de compressió, en la recuperació muscular, col·locada immediatament després d'una sessió d'exercici excèntric. Els subjectes foren distribuïts en 2 grups aleatòriament: experimental ($n = 7$) i control ($n = 6$), sense diferències significatives evidents entre els 2 grups quant a edat, alçada o massa muscular. No s'utilitzà un disseny experimental longitudinal, degut als informes freqüents sobre l'efecte protector manifestat en episodis repetits d'exercici excèntric^{3,21}.

Sessió d'exercicis excèntrics

S'adoptà un protocol d'exercicis excèntrics, prenent com a referència estudis previs, usant manuelles equilibrades^{3,22}. Per determinar el pes de les manuelles en els exercicis excèntrics, els subjectes havien d'asseure's en un banc Scott amb l'espatlla en angle a 45° de flexió i 0° d'abducció, i estirar un mànec unit a una cèl·lula de càrrega amb el braç no dominant (M&G System, São Jose dos Campos, Sao Paulo, Brasil).

L'angle del colze es col·locà a 90° , i es demanà al subjecte la flexió màxima del colze mentre mantenia l'avantbraç en supinació. Aquesta mesura fou presa 3 vegades: immediatament abans de l'exercici excèntric, amb 45 s de descans entre intents, i s'utilitzà la mitjana de la força màxima dels 3 intents per determinar el pes de les manuelles. No es trobaren diferències significatives en la força de les manuelles entre els grups (taula 1).

Una vegada determinada la càrrega de la manuela, es demanà els subjectes que la baixessin a partir d'una flexió de colze a 50° fins a la posició d'extensió de 170° en 4-5 s aproximadament, aleshores l'investigador retirà la manuela del braç i el subjecte tornà el braç a la posició inicial per a la següent contracció excèntrica. Els subjectes van ser animats verbalment i dirigits per baixar la manuela a una velocitat constant, seguint l'ordre proposat per l'investigador. El moviment es repetí 30 vegades amb 45 s de descans entre contraccions.

Taula 1 Mitjana \pm SE de les característiques antropomètriques, càrrega d'exercici, i valors basals del dolor muscular i CBS dels grups experimental i control

	Experimental	Control	p
Edat (anys)	22 \pm 1	20 \pm 1	0,104
Altura (cm)	173 \pm 2	174 \pm 3	0,776
Pes (kg)	71 \pm 7	71 \pm 7	0,977
Força isomètrica muscular (N)	167 \pm 8	204 \pm 20	0,137
Càrrega d'exercici (kg)	17 \pm 1	20 \pm 2	0,137
Dolor muscular (mm)	0 \pm 0	0 \pm 0	—
CBS (cm)	25,9 \pm 1	27,0 \pm 1,6	0,576

Intervenció

Immediatament després dels exercicis de contraccions excèntriques, els voluntaris es col·locaren una màniga de compressió (grup experimental) o sense intervenció (grup control). Els voluntaris foren assignats aleatòriament amb una simple distribució en 2 grups (A i B), els assignats al grup A reberen una màniga de compressió (grup experimental), mentre que els del grup B no reberen cap tipus d'intervenció (grup control).

Els subjectes del grup experimental dugueren la màniga de compressió durant 12 h, d'acord amb el protocol sobre el dolor produït per exercicis excèntrics, i només se'ls permeté treure-se-la per banyar-se, per assegurar que el temps total sense la peça de compressió no excedia els 30 min. La màniga de compressió contenia fibres: un 90% de poliamida i un 10% lycra (elastà), i es cobrí el braç no dominant des de la línia axil·lar fins a la meitat de l'avantbraç.

Variables dependents

Las variables dependents consistiren en flexió del colze amb força màxima amb l'angle de l'articulació del colze fixat a 90° , circumferència del braç superior (CBS) i dolor muscular. La força isomètrica del múscul, CBS, i les mesures del dolor muscular van ser preses abans i a les 24, 48, 72 i 96 h després de l'exercici excèntric.

Força muscular isomètrica

La força muscular isomètrica es registrà tal com s'ha descrit anteriorment per determinar el pes de la manuela. Totes les mesures de força muscular isomètrica es prengueren abans, i a les 24, 48, 72 i 96 h posteriors als exercicis excèntrics. El pic de força màxima dels 3 intents de cada dia s'utilitzà per a les comparacions estadístiques, i la força muscular isomètrica registrada entre les 24-96 h posteriors a l'exercici fou normalitzada amb les mesures registrades abans de la sessió d'exercici, per tal de permetre comparacions entre grups.

Circumferència del braç superior

La circumferència del braç superior s'avaluà 8 cm per damunt de l'articulació del colze amb una cinta mètrica Gu-

lick, amb el subjecte dempeus i amb el braç penjant cap avall a tocar el maluc. Es marcà el punt d'amidament en el braç del subjecte per assegurar la col·locació regular de la cinta mètrica, i s'utilitzà el valor de la mitjana de 3 mesuraments per a l'anàlisi addicional, tal com indiquen Chen et al.³. El mateix investigador experimentat valorà la circumferència del braç superior dels subjectes en totes les ocasions, per garantir la fiabilitat de les mesures.

Dolor muscular

El nivell de dolor muscular del braç entrenat s'avaluà mitjançant una escala analògica visual (EAV) que consistia en una línia de 100 mm que indica «sense dolor» en un extrem (0 mm), i amb «molt, molt dolor» en l'altre extrem (100 mm). Es demanà als subjectes que quan estenguessin l'articulació del colze al màxim, indiquessin a l'investigador el nivell de dolor en la línia. Sempre el mateix investigador avaluà el dolor muscular a tots els subjectes, i se seguí un protocol estandaritzat com descriuen estudis anteriors^{3,22}.

Anàlisi estadística

Les característiques antropomètriques i càrrega d'exercici (és a dir, pes de la manuela en la sessió d'exercicis), així com les mesures de referència de la força muscular isomètrica, dolor muscular i la circumferència de la part superior del braç dels grups, es compararen amb el test *t* de Student no aparellat. El pic de la força màxima de flexió del colze i CBS, mesurats després de la sessió d'exercici i la intervenció, es normalitzaren amb la pròpia línia basal de cada subjecte (és a dir, mesurament abans de la sèrie d'exercicis i de la intervenció) com a mesura de referència. Les variables dependents foren avaluades amb una anàlisi del model de variància de dues vies (2 grups × 5 vegades) amb mesures repetides en punts temporals i grups com a factors inter-subjectes per comparar la força normalitzada, CBS i EAV normalitzats per als grups (experimental i control) seguint sèries d'exercicis. Es realitzaren múltiples comparacions seguint el mètode de Bonferroni (0,05/número de comparacions). S'utilitzà un nivell de significació de $p < 0,05$ en tots els procediments estadístics. Els resultats es presenten com a mitjana ± SE. Es completà l'anàlisi estadística amb el paquet estadístic PASW 18 (SPSS Inc., Chicago, IL).

Resultats

Les característiques antropomètriques i la càrrega d'exercici (és a dir, pes de la manuela per a la sèrie d'exercicis) dels grups experimental i control no foren diferents. També s'observaren valors de referència similars per al dolor muscular i CBS (taula 1).

Per a la força normalitzada, s'observà un efecte significatiu principal de les mesures ($F_{4,55} = 5,51$; $p = 0,001$). La força normalitzada disminuí significativament després de la sessió d'exercici excèntric en ambdós grups, i arribà a la discapacitat de ~ 43 i ~ 34%, per al grup control i experimental, respectivament, 24 h després de l'exercici. Malgrat això, no s'observà un efecte principal significatiu per a grups o mesures d'interacció de grup (fig. 1A).

La circumferència del braç superior i el dolor muscular mostraren un efecte significatiu important per a les mesures ($F_{4,55} = 6,49$; $p < 0,001$ de BCS i $F_{4,55} = 6,95$; $p < 0,001$ per al dolor muscular), amb un augment després de la sessió d'exercici en ambdós grups. A més, no s'observà cap efecte principal significatiu per a grups o interaccions de grup × mesura (fig. 1B i C).

Discussió

La principal troballa d'aquesta recerca fou que l'ús de la màniga de compressió en un període de temps curt (12 h) no resultà eficaç per millorar la recuperació dels símptomes de DMIE dels músculs superiors del braç. Aquest resultat està en línia amb la nostra hipòtesi que la màniga de compressió usada durant un període curt potser no és suficient per contribuir a una recuperació efectiva de DMIE, cosa molt diferent quan s'apliquen les peces de compressió a les extremitats inferiors.

El profit que s'obté de la peça de compressió pot obeir a què crea una caiguda de la pressió externa, cosa que compensa parcialment canvis de la pressió osmòtica i redueix l'espai disponible per a la inflor^{12,23-25}. Tot i l'aspecte especulatiu d'aquesta hipòtesi, podria explicar els resultats positius de les peces de compressió, la disminució de l'exudació i el grau de la quimiotaxi, de manera que atenua la resposta inflamatòria i el dolor percebut^{12,23}.

Tot i que els mecanismes subjacents no han estat suficientment definits, ha estat reconegut l'ús de les peces de compressió per millorar la recuperació del dany muscular¹², però els resultats positius s'observen principalment si s'usen les peces de compressió en el membre inferior¹², mentre que per a la part superior del braç només hi ha 2 estudis amb resultats positius^{13,16}.

Kraemer et al.¹⁶ van sotmetre un grup de dones sanes joves a exercicis que causen dolor en el braç superior (flexors del colze) i les distribuïren en 2 grups, un grup control (és a dir, sense intervenció) i un grup d'intervenció, que utilitzà una màniga de compressió durant un període de recuperació de 5 dies (és a dir, 120 h). Aquests autors observaren una recuperació significativa dels símptomes de DMIE (evità la pèrdua de moviment del colze, disminuí el dolor percebut, es reduí la inflor, i contribuí a la recuperació de la producció de força), cosa que suggereix un efecte beneficiós de la màniga de compressió. Tanmateix, és important assenyalar que, en l'estudi esmentat, s'observaren diferències significatives entre els grups en la producció de força i dolor percebut predominantment després del tercer dia del període de recuperació, que correspon a un ~ 72 h d'ús continuat de la màniga de compressió.

Kraemer et al.¹³ van trobar resultats similars però referits a homes joves sans que usaren la màniga de compressió 72 h. És interessant que Carling et al.¹⁵ no trobaren diferències en la recuperació del DMIE (dolor percebut, amplitud de moviment [ROM], circumferència del braç, producció de força) a la part superior del braç (flexors del colze) entre el grup control i la màniga de compressió utilitzada durant 72 h.

Aquests resultats suggereixen un benefici potencial de l'ús de la màniga de compressió en la recuperació del DMIE,

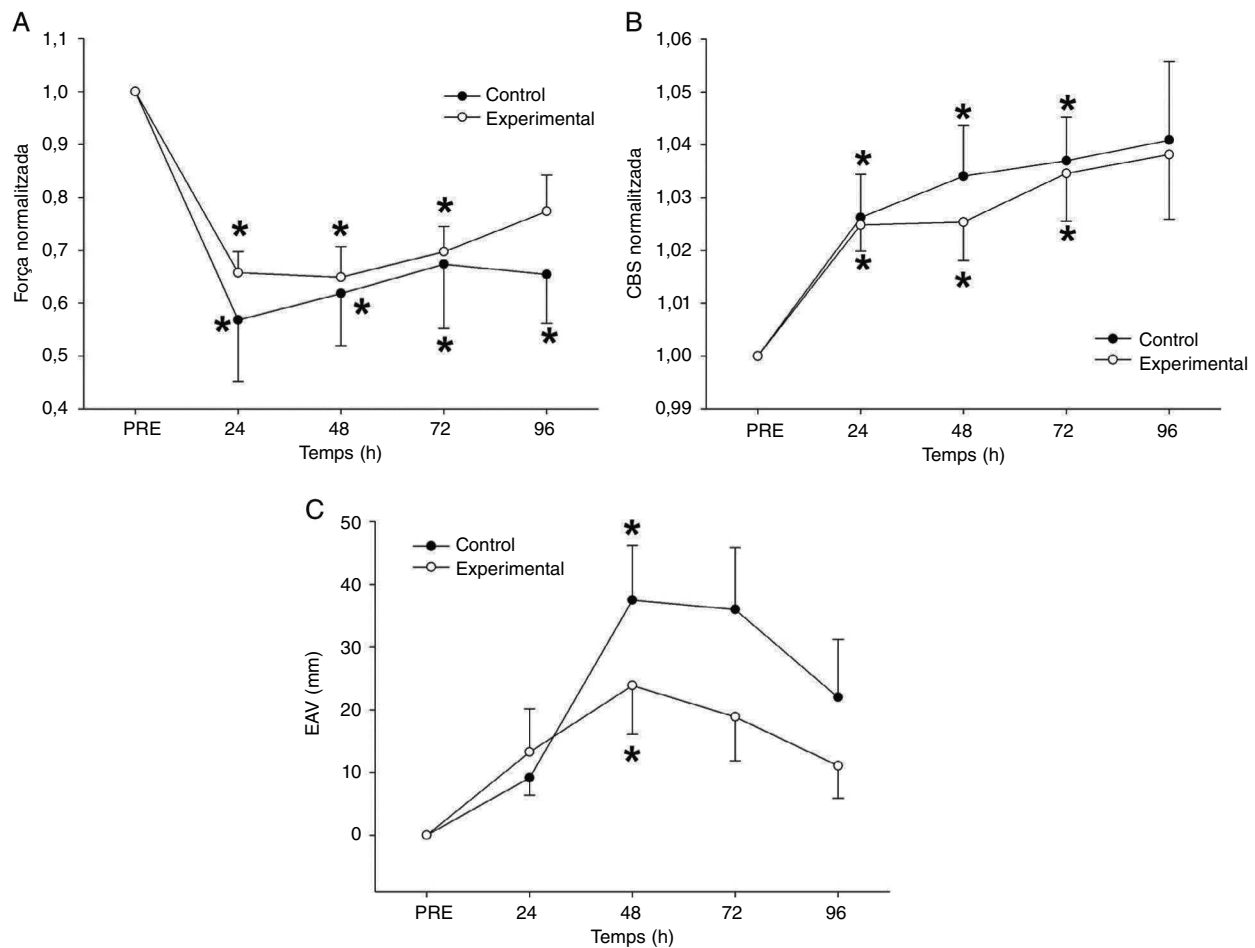


Figura 1 Mitjana \pm SE de força normalitzada (A), circumferència normalitzada de la part superior del braç (B) i dolor muscular (C) en grup experimental i grup control abans (PRE), i a les 24, 48, 72 i 96 h després d'un exercici excèntric.

*Significativament diferent de les mesures PRE ($p < 0,05$).

però només ha estat provat amb mànegues de compressió usades durant llargs períodes de temps (és a dir, 72 h o més), mentre que molts estudis mostraren resultats positius quan les mitges de compressió s'utilitzaven les 12 h següents en el membre inferior danyat per l'exercici^{9,10,17}.

En aquest context, s'avaluà l'eficàcia de les mànigues de compressió usades en períodes de temps curts (12 h) per recuperar els símptomes del DMIE dels músculs superiors del braç i vam trobar que no fou eficaç per millorar la recuperació. Els nostres resultats confirmen la hipòtesi suggerida que els períodes de temps curts d'ús de la màniga de compressió no poden ocasionar resultats efectius, com s'observa quan s'apliquen les peces de compressió als membres inferiors del cos.

És sabut que els exercicis de la part superior del cos produeixen majors nivells de dany muscular i dolor que els exercicis de l'extremitat inferior¹⁸⁻²⁰, i la diferent susceptibilitat muscular al DMIE (principalment amb accions excèntriques) pot ser resultat de la diferent arquitectura dels músculs de braços i cames²⁴, de tal manera que la tensió mecànica per unitat de múscul difereix entre aquests 2

grups de músculs en realitzar exercicis amb la mateixa intensitat (és a dir, un percentatge del màxim).

A més, Jamurtas et al.¹⁸ proposaren que les accions excèntriques submàximes dels músculs inferiors del cos, com caminar costa avall i baixar escales, es fan rutinàriament durant les activitats diàries i està ben documentat que, després dels episodis repetits d'exercici excèntric, els músculs s'adapten per protegir-se contra nous danys²⁶. Aquesta diferència de la susceptibilitat al DMIE de músculs de les extremitats superiors i inferiors pot explicar els nostres resultats, de manera que la mateixa intervenció, com l'ús de peces de compressió, aplicada amb els mateixos paràmetres, pot no produir resultats similars. Com en altres intervencions terapèutiques, el temps d'exposició o tractament poden influir en el resultat, i en les mànigues de compressió, el període d'intervenció mínim sembla que és superior a les 12 h. Estudis posteriors haurien de centrar-se en aquesta qüestió: Quin és el temps mínim d'intervenció amb les mànigues de compressió per contribuir a la recuperació muscular després de lesionar-se per l'exercici?

Conclusió

Els nostres resultats, juntament amb troballes prèvies, suggereixen que 12 h d'ús de la peça de compressió no són suficients per millorar la recuperació del DMIE en els músculs superiors del braç, i caldria usar la peça de compressió durant períodes més llargs per aconseguir resultats positius.

Conflicte d'interessos

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

Agraïments

Mikhail Santos Cerqueira, Lucio Santos Borges i José Alberto dos Santos Rocha agraeixen el Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB) i la Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), respectivament, la beca concedida (# 046/2012).

Bibliografia

- Morgan DL, Allen DG. Early events in stretch-induced muscle damage. *J Appl Physiol.* 1999;87:2007-15.
- Proske U, Morgan DL. Muscle damage from eccentric exercise: mechanism, mechanical signs, adaptation and clinical applications. *J Physiol.* 2001;537:333-45.
- Chen TC, Chen HL, Lin MJ, Wu CJ, Nosaka K. Potent protective effect conferred by four bouts of low-intensity eccentric exercise. *Med Sci Sports Exerc.* 2010;42:1004-12.
- Byrne C, Eston R. The effect of exercise-induced muscle damage on isometric and dynamic knee extensor strength and vertical jump performance. *J Sports Sci.* 2002;20:417-25.
- Gill ND, Beaven CM, Cook C. Effectiveness of post-match recovery strategies in rugby players. *Br J Sports Med.* 2006;40:260-3.
- Cheung K, Hume PA, Maxwell LL. Delayed onset muscle soreness treatment strategies and performance factors. *Sports Med.* 2003;33:145-64.
- Liu XG, Zhou YJ, Liu TC, Yuan JQ. Effects of low-level laser irradiation on rat skeletal muscle injury after eccentric exercise. *Photomed Laser Surg.* 2009;27:863-9.
- Barnett A. Using recovery modalities between training sessions in elite athletes: does it help? *Sports Med.* 2006;36:781-96.
- Jakeman JR, Byrne C, Eston RG. Lower limb compression garment improves recovery from exercise-induced muscle damage in young, active females. *Eur J Appl Physiol.* 2010;109:1137-44.
- Jakeman JR, Byrne C, Eston RG. Efficacy of lower limb compression and combined treatment of manual massage and lower limb compression on symptoms of exercise induced muscle damage in women. *J Strength Cond Res.* 2010;24:3157-65.
- Leeder J, Gissane C, Someren K, Gregson W, Howatson G. Cold water immersion and recovery from strenuous exercise: A meta-analysis. *Br J Sports Med.* 2012;46:233-40.
- Hill J, Howatson G, Someren K, Leeder J, Pedlar C. Compression garments and recovery from exercise-induced muscle damage: A meta-analysis. *Br J Sports Med.* 2014;48:1340-6.
- Kraemer WJ, Bush JA, Wickham RB, Denegar CR, Gomez AL, Duncan NB, et al. Continuous compression as an effective therapeutic intervention in treating eccentric-exercise induced muscle soreness. *J Sport Rehabil.* 2001;10:11-23.
- MacRae BA, Cotter JD, Laing RM. Compression garments and exercise: garment considerations, physiology and performance. *Sports Med.* 2011;41:815-43.
- Carling J, Francis K, Loris C. The effects of continuous external compression on delayed-onset muscle soreness (DOMS). *Int J Rehabil Health.* 1995;1:223-35.
- Kraemer WJ, Bush JA, Wickham RB, Denegar CR, Gomez AL, Gotshalk LA, et al. Influence of compression therapy on symptoms following soft tissue injury from maximal eccentric exercise. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2001;31:282-90.
- French DN, Thompson KG, Garland SW, Barnes CA, Portas MD, Hood PE, et al. The effects of contrast bathing and compression therapy of muscular performance. *Med Sci Sports Exerc.* 2008;40:1297-306.
- Jamurtas AZ, Theocharis V, Tofas T, Tsiokanos A, Yfanti C, Paschalis V, et al. Comparison between leg and arm eccentric exercises of the same relative intensity on indices of muscle damage. *Eur J Appl Physiol.* 2005;95:179-85.
- Chen TC, Lin KY, Chen HL, Lin MJ, Nosaka K. Comparison in eccentric exercise-induced muscle damage among four limb muscles. *Eur J Appl Physiol.* 2011;111:211-23.
- Machado M, Brown LE, Augusto-Silva P, Pereira R. Is exercise-induced muscle damage susceptibility body segment dependent? Evidence for whole body susceptibility. *J Musculoskelet Neuronal Interact.* 2013;13:105-10.
- Nosaka K, Sakamoto K, Newton M, Sacco P. How long does the protective effect on eccentric exercise-induced muscle damage last? *Med Sci Sports Exerc.* 2001;33:1490-5.
- Chen TC, Nosaka K, Sacco P. Intensity of eccentric exercise, shift of optimum angle and the magnitude of repeated bout effect. *J Appl Physiol.* 2007;102:992-9.
- Kraemer WJ, French DN, Spiering BA. Compression in the treatment of acute muscle injuries in sport. *Int Sport Med J.* 2004;5:200-8.
- Lieber RL, Friden J. Functional and clinical significance of skeletal muscle architecture. *Muscle Nerve.* 2000;23:1647-66.
- Davies V, Thompson KG, Cooper SM. The effects of compression garments on recovery. *J Strength Cond Res.* 2009;23:1786-94.
- Clarkson PM, Hubal MJ. Exercise-induced muscle damage in humans. *Am J Phys Med Rehabil.* 2002;31:552-69.