



apunts

MEDICINA DE L'ESPORT

www.apunts.org



TREBALL ORIGINAL

Paràmetres de rendiment de força mitjançant l'adopció de diferents seqüències d'exercicis durant sèries emparellades agonista-antagonista

Marianna de Freitas Maia, Gabriel Andrade Paz, João Souza, Humberto Miranda*

Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de Educação Física e Desportos, Rio de Janeiro, Brasil

Rebut el 14 de setembre de 2014; acceptat el 12 de gener de 2015

PARAULES CLAU

Entrenament de resistència;
Rendiment de força;
Electromiografia

Resum

Objectiu. Investigar l'efecte de diferents seqüències d'exercicis de sèries emparellades de músculs agonistes/antagonistes sobre el volum de l'entrenament, la percepció subjectiva de l'esforç i l'activació muscular.

Material i mètode. Tretze esportistes de lleure, homes, es van sotmetre voluntàriament a aquest estudi. Es van aplicar 2 protocols en 2 dies no consecutius. Protocol BR: els participants realitzaren 3 sèries d'exercicis de pressió sobre banc (PB) fins a l'esgotament (amb càrrega de 8 repeticions màximes), seguit de l'exercici de rem assegut (RA), alternadament. Protocol RB: el rem assegut es féu abans de PB. S'adoptà un interval de recuperació de 2 min entre les repeticions i exercicis. Durant els 2 exercicis s'anotaren el nombre de repeticions i el senyal electromiogràfic dels músculs deltoide posterior (DP), bíceps braquial (BB), pectoral major (PM) i tríceps braquial (TB).

Resultats. No es trobaren diferències significatives en el volum de l'entrenament ($1.486,6 \pm 200,3$; $1492 \pm 282,5$) i del treball total ($22,3 \pm 1,3$; 22 ± 2) entre les seqüències BR i RB, per PB, respectivament. S'observà un volum d'entrenament ($1.709,7 \pm 177,6$; $1.424,4 \pm 196$) i de treball total ($25,3 \pm 1,8$; $21 \pm 1,6$) superiors a l'RA en la seqüència BR, comparada amb RB.

Conclusió. La seqüència de l'exercici mostrà diferències significatives en rendiment de força i activació muscular dels agonistes durant les sèries emparellades agonista-antagonista en l'exercici de l'RA. Aquests resultats indiquen que la precàrrega dels antagonistes pot generar un efecte potencial per afavorir el rendiment dels músculs dorsals.

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

* Autor per a correspondència.

Correu electrònic: humbertomirandaufrij@gmail.com (H. Miranda).

KEYWORDS

Resistance training;
Strength performance;
Electromyography

Strength performance parameters when adopting different exercise sequences during agonist-antagonist paired sets

Abstract

Objective: To investigate the effect of different exercise sequences during agonist-antagonist paired sets on training volume, ratings of perceived exertion, and muscle activation.

Material and methods: Thirteen recreationally trained males participated in this study. Two protocols were adopted in two non-consecutive days: BS—participants performed three repetition to failure sets (with 8 repetition maximum loads) of bench-press (BP) followed by seated row exercise in alternate manner, and SB—the seated row (SR) was performed before bench press. Two-minute rest interval was adopted between sets and exercises. The number of repetitions and electromyography signals of the posterior deltoids (PD), biceps brachii (BB), pectoralis major (PM), and triceps brachii (TB) muscles were recorded during both exercises.

Results: No significant differences were noted in training volume (1486.6 ± 200.3 ; 1492 ± 282.5) and total work (22.3 ± 1.3 ; 22 ± 2) BS and SB sequences for BP, respectively. Higher training volume (1709.7 ± 177.6 ; 1424.4 ± 196) and total work (25.3 ± 1.8 ; 21 ± 1.6) were noted for SR under BS compared to SB. Higher PD activation was noted during SR under BS compared to SB.

Conclusion: The exercise sequence showed significant differences in strength performance and agonist muscle activation during agonist-antagonist paired sets for SR exercise. These results suggest that antagonist pre-loading may have a potential effect on back muscles.

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

Introducció

L'entrenament de resistència ha estat a bastament emprat com a mètode eficaç per al desenvolupament de la força, la resistència i/o el rendiment de la força dels esportistes o de la població en general¹. L'administració de la intensitat i el volum d'entrenament són essencials per augmentar els resultats dels programes d'entrenament de resistència²⁻⁴. El volum d'entrenament (sèries \times repeticions \times càrrega externa) és calculat generalment pels entrenadors i esportistes durant les sessions d'entrenament de resistència, amb la finalitat d'augmentar els guanys de força de forma aguda i/o constant⁵.

Sovint s'han aplicat diferents sistemes d'entrenament amb la finalitat de controlar-ne el volum. Un dels sistemes d'entrenament que es pot aconseguir en un període de temps ben curt (eficiència) sense comprometre'n l'eficàcia (el volum d'entrenament)⁶ consisteix en les sèries emparellades (SE) agonista-antagonista (PS, de *paired set*, en anglès). L'entrenament SE es caracteritza perquè es realitzen exercicis dels músculs agonistes i antagonistes de manera alterna, amb o sense intervals de descans entre sèries i exercicis⁷. Evidències anteriors han suggerit que l'entrenament SE facilita un rendiment de força similar o superior a la de l'entrenament tradicional ST (TS, de *tradicional set*, en anglès), amb una reducció significativa de la durada de la sessió d'entrenament^{6,8-9}.

Robbins et al.⁷ observaren un volum d'entrenament similar entre ST (amb interval de descans de 4 min entre sèries

i exercicis) i entrenament SE (amb un interval de descans de 2 min) en exercicis de tracció sobre banc i de pressió sobre banc amb càrregues de 4 repeticions màximes (RM). Tanmateix, Robbins et al.⁷, considerant la durada de la sessió d'entrenament, observaren una major eficiència (volum d'entrenament/temps) en SE, en comparació amb ST. Recentment, Maia et al.⁹ han trobat un augment significatiu del rendiment en la repetició i les dades electromiogràfiques (EMG) del vast medial i recte femoral durant l'extensió de genolls a la màquina, seguit de l'exercici de rull de cames (amb càrregues de 10 RM), comparant-lo amb la sèrie d'exercicis d'extensió de genolls a la màquina realitzats sense precàrrega antagonista. Resultats similars foren reportats per Paz et al.¹⁰, que observaren un major rendiment en la repetició i l'activació muscular del dorsal ample i del bíceps braquial en exercicis de rem assegut (càrregues de 10 RM) immediatament després dels exercicis de pressió sobre banc, en comparació amb la sèrie de rem assegut sense precàrrega antagonista. Tenint en compte l'efecte de l'ordre dels exercicis durant la sèrie emparellada agonista-antagonista, Balsamo et al.⁸ observaren un major volum d'entrenament i índexs més baixos d'esforç percebut (RPE) després d'una sessió d'SE amb rull de cames seguit d'exercicis de resistència d'extensió de genolls a la màquina (amb càrregues de 10 RM), en comparació amb l'extensió de genolls realitzada abans de l'exercici de rull de cames. Aquestes dades suggereixen que l'ordre dels exercicis en l'entrenament SE pot incentivar una interferència significativa en el rendiment de força.

Diversos estudis han manifestat que l'ordre dels exercicis afavoreix un impacte significatiu en el rendiment de la repetició durant els programes d'entrenament de resistència^{3,4,11}. Això no obstant, l'efecte de l'ordre dels exercicis en l'entrenament SE sobre l'activació muscular i el rendiment de la força encara no són prou clars. Aquestes evidències poden ser útils per als practicants i entrenadors, que volen millorar els resultats de la força i reduir també la durada de les sessions d'entrenament. Per tant, el propòsit d'aquest estudi fou investigar l'efecte de l'entrenament SE i comparar-lo amb l'ST en volum d'entrenament, RPE i l'activitat muscular del pectoral major, bíceps braquial, tríceps braquial i deltoide posterior.

Material i mètodes

Participants

Tretze esportistes de lleure entrenats, homes, van ser reclutats en una universitat local mitjançant mostreig de conveniència, amb la següent mitjana (\pm desviació estàndard [DE]) i característiques: edat = $22,1 \pm 1,2$ anys, alçada = $173 \pm 5,2$ cm, pes = $74,6 \pm 5,1$ kg i percentatge de greix corporal = $11,4\% \pm 2,1\%$; experiència d'entrenament de resistència = $3,1 \pm 1$ anys. Els criteris d'inclusió foren: tenir almenys un any d'experiència en entrenament de resistència, amb una mitjana de 4 sessions de 60 min per setmana, amb un interval de descans d'1 a 2 min entre sèries i exercicis. Els criteris d'exclusió foren: tenir alguna limitació funcional o malaltia que pogués influir en la seva capacitat de realitzar les proves o protocols experimentals. També quedaren exclosos els que havien fet exercicis de les extremitats superiors 48 h abans de les sessions. Aquest estudi fou aprovat pel Comitè institucional d'experimentació amb humans de la universitat. S'obtingué el consentiment informat per escrit de tots els participants abans de les proves, d'acord amb la Declaració d'Hèlsinki.

Procediments

Aquest estudi emprà un disseny creuat aleatoritzat compost de 4 visites realitzades en dies no consecutius, amb 48 a 72 h d'interval de descans. Totes les proves van tenir lloc a la mateixa hora del dia, i els participants van ser informats que havien d'evitar tota mena d'esforç durant el període de les sessions del test. Les 2 primeres sessions del test es van dedicar a mesurar la força i l'antropometria. Les dades antropomètriques van ser mesurades seguint el protocol de Jackson i Pollock¹².

Test de vuit repeticions màximes (8 RM)

En cadascuna d'aquestes sessions, la força fou valorada mitjançant un test de 8 RM amb exercicis a les màquines de pressió sobre banc amb presa ampla en màquina d'assegut (Life Fitness, Rosemont, IL, EUA). El test de 8 RM es féu a un ritme constant (2 s per accions concèntriques i 2 per excèntriques) i fou controlat amb un metrònom (Metronome Plus 2.0, M & M Systeme, Alemanya)¹³. Si el participant no aconseguia les 8 repeticions en el primer intent,

el pes s'ajustava de 4 a 10 kg, i se li donava un mínim de 5 min de descans abans del següent intent. Es van adoptar intervals de descans de 10 min entre exercicis per posar a prova les càrregues de 8 RM. Durant el test i retest es van alternar exercicis de pressió sobre banc i rem assegut. Només es permeteren 3 intents per sessió de test. Les sessions de test i retest es van dur a terme amb intervals de 48 h (fig. 1).

Sèries d'exercicis

A la tercera i quarta convocatòria, les sèries van ser assignades als participants aleatòriament. Els participants BR van realitzar 3 sèries emparellades de pressió sobre banc fins a l'esgotament, seguides de l'exercici de rem assegut amb càrregues de 8 RM, amb un interval de descans de 2 min entre sèries i exercicis. Els participants RB van fer la repetició de 3 sèries emparellades de rem assegut fins a l'esgotament, seguides d'exercicis de pressió sobre banc amb càrregues de 8 RM, amb un interval de descans de 2 min entre sèries i exercicis. Abans de cada protocol, els participants van realitzar una sèrie d'escalfament de 15 repeticions amb un 50% de la càrrega de 8 RM en el primer exercici, seguit d'un interval de descans de 2 min, abans d'iniciar els protocols experimentals¹⁴. A cada protocol es van avaluar el nombre de repeticions i l'activitat electromiogràfica (EMG) dels músculs deltoide posterior (DP), bíceps braquial (BB), pectoral major (PM) i tríceps braquial (TB) durant els exercicis de rem assegut i pressió sobre banc.

Procediments d'avaluació de l'esforç percebut

Durant els protocols experimentals, abans de fer l'exercici, els participants van rebre instruccions i els procediments d'ancoratge de l'escala d'esforç percebut OMNI-RES¹⁵. Les instruccions també inclogueren la naturalesa i l'ús de les escales OMNI-RES, índexs diferenciats i com utilitzar les categories numèriques alta i baixa com a punts d'ancoratge d'escala. El procediment d'ancoratge d'escala proporciona al subjecte l'apreciació de la gamma de percepcions que es correspon amb els de l'índex de les categories baixa i alta. Els procediments d'ancoratge permeten als subjectes conèixer els 2 extrems de l'RPE: índex 1 (molt fàcil) i índex 9 (molt dur). En el nostre estudi, l'ancoratge de l'índex es donà al final de la sèrie realitzada dels exercicis de pressió sobre banc i de rem assegut.

Electromiografia de superfície

El senyal EMG fou capturat mitjançant elèctrodes de superfície bipolars passius (Kendal Medi Trace 200, Tyco Healthcare, Pointe-Claire, Canadà), pel procés d'adquisició de dades del model PS850 (Biometrics, Newport, Regne Unit). Els senyals es van amplificar per 1.000 (CMRR > 100 dB) i mostrejats a 1.000 Hz després de ser transferits per una filtre passa banda (10-500 Hz). Per tal d'evitar les limitacions dinàmiques de l'EMG es van prendre certes precaucions, com ara la col·locació i ubicació dels elèctrodes que es féu d'acord amb l'electromiografia de superfície, amb les recomanacions de l'avaluació no invasiva dels músculs

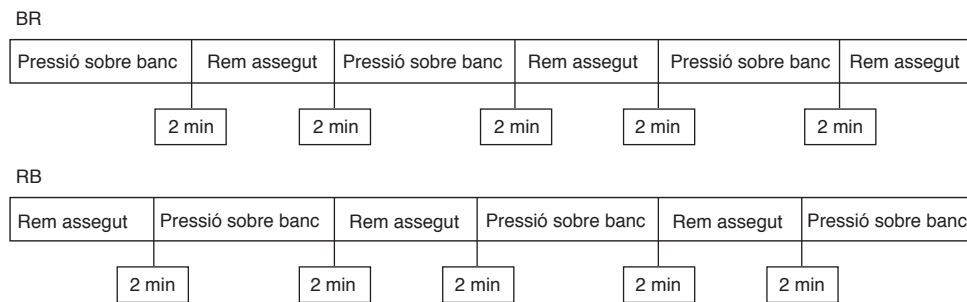


Figura 1 Disseny de l'estudi.

(SENIAM)¹⁶. La superfície de la pell es va afaitar, raspar lleugerament i netejar amb alcohol abans de col·locar els elèctrodes de superfície de l'EMG. Els elèctrodes es van col·locar a l'abdomen degudament alineats amb la direcció de la fibra, d'acord amb les normes SENIAM, per tal d'evitar la possibilitat de rèpliques¹⁷. L'elèctrode PM es col·locà entre l'acromi i el xifoide. L'elèctrode DP uns 2 dits darrera l'angle de l'acromi. L'elèctrode BB es col·locà a la línia entre l'acromi medial i la fossa del colze. L'elèctrode TB es col·locà a mig camí entre l'acromi i l'olècran i a l'amplada de 2 dits per sota de la línia medial. L'elèctrode de referència es col·locà a l'os de la clavícula. La impedància entre parells d'elèctrodes fou menor de 5 kW utilitzant un senyal de 25 Hz a través dels elèctrodes. Tots aquests procediments foren realitzats pel mateix investigador. La col·locació dels elèctrodes fou identificada el primer dia del test, i es va fer una marca a la pell amb tinta indeleble per assegurar que els dies posteriors s'utilitzés la mateixa posició.

Anàlisi de les dades

L'amplitud mitjana de la mitjana quadràtica (RMS) es va avaluar amb el programari de càlcul Matlab 5.02c (MathWorks®, Natick, MA, EUA). La funció finestra per a les RMS fou de 100 mil·lisegons, i tots els valors reportats són la mitjana de l'RMS sobre una funció finestra de mostreig predeterminada des de l'inici fins al final de cada contracció. Només fou analitzat el senyal obtingut de repeticions centrals, excloent la primera i l'última repetició de cada sèrie i exercici. S'adoptà aquest procediment per evitar problemes amb les discrepàncies de senyal de la inèrcia a l'inici dels exercicis, així com la possibilitat de fatiga de l'última repetició. Foren recollides les dades EMG de la totalitat de les sèries (fases concèntrica i excèntrica) exercici i protocol. Les dades EMG s'expressaren com a percentatge relatiu del valor més gran d'RMS (100%) del senyal EMG obtingut de cada múscul, tenint en compte totes les sèries i protocols realitzats respectivament¹⁸. S'adoptà la normalització a través del pic de les dades EMG obtingudes durant totes les sèries i exercicis de cada múscul per evitar i atenuar algunes limitacions de l'anàlisi EMG durant aquestes tasques dinàmiques, com ara els canvis de l'estructura de l'acció potencial intracel·lular, el conductor de volum, les propietats del sarcolemma de les fibres musculars, o diferències en el gruix del teixit subcutani¹⁷.

Anàlisi estadística

L'anàlisi estadística inclogué la fiabilitat test-retest de càrregues 8 RM i paràmetres espectrals EMG calculats amb coeficient de correlació intraclasse ($ICC = (MS_b - MS_w) / [MS_b + (k - 1) MS_w]$), en què MS_b = mitjana quadràtica entre, MS_w = mitjana quadràtica dins de, i k = mitjana de la grandària del grup.

El test de Shapiro-Wilk i el criteri de Bartlett mostraren que totes les variables analitzades presentaven els criteris de normalitat i homoscedasticitat. Aquestes dades foren analitzades mitjançant una anàlisi de la variància de 2 vies (ANOVA) (2 [seqüències] × 3 [sèries]) amb mesures repetides per determinar si hi va haver efectes principals significatius o interaccions entre les seqüències d'exercicis i les sèries (1, 2 i 3). Les dades EMG s'analitzaren mitjançant un ANOVA de 3 vies (2 [seqüències] × 3 [sèries] × 4 [músculs]) amb mesures repetides per determinar si hi va haver efectes principals significatius o interaccions entre les seqüències d'exercicis, les sèries (1, 2 i 3) i els músculs analitzats. Quan calgué s'emprà el test post hoc de Bonferroni. Entre els protocols de cada exercici s'adoptà el test *t* emparellat per comparar el treball total (suma del nombre de repeticions de les 3 sèries). Per verificar les diferències de l'RPE total entre protocols i exercicis, s'utilitzà el test de Wilcoxon. El nivell de significació estadística es fixà en 0,05 en totes les proves. La grandària de l'efecte es calculà seguint les recomanacions de Rhea¹⁹. L'anàlisi estadística es realitzà amb el programa SPSS versió 20.0 (Chicago, IL, EUA).

Resultats

No hi hagué diferències significatives entre les seqüències ($F = 0,013$; $p = 0,912$) en l'exercici de pressió sobre banc, però s'observaren diferències significatives a les sèries ($F = 77,775$; $p = 0,0001$) (taula 1). Per tant, es van observar interaccions significatives entre les sèries i seqüències ($F = 10,191$; $p = 0,001$). D'altra banda, no hi hagué diferències en el volum d'entrenament i el treball total entre seqüències en l'exercici de pressió sobre banc. Quant a l'exercici de rem assegut, hi hagué diferències significatives entre seqüències ($F = 40,904$; $p = 0,0001$) i sèries ($F = 48,941$; $p = 0,0001$). Per tant, no hi hagué interacció entre sèries i seqüències ($F = 1,807$; $p = 0,186$). No obstant això, s'observà un volum major d'entrenament ($p = 0,0001$) i de treball

Taula 1 Mitjana, DE i grandària de l'efecte de la repetició, el volum d'entrenament i el treball total de pressió sobre banc i rem assegut durant els protocols experimentals

	Sèrie 1	Sèrie 2	Sèrie 3	VE	TT
Pressió sobre banc					
BR	8 ± 0	7,6 ± 0,7	6,6 ± 0,8#§	1486,6 ± 200,3	22,3 ± 1,3
RB	9 ± 1	7 ± 0,6#	6,1 ± 0,8#§	1492 ± 282,5	22 ± 2
Grandària de l'efecte	1 (moderada)	-0,85 (trivial)	-0,2 (trivial)	0,02 (trivial)	-0,23 (trivial)
Rem assegut					
BR	9,2 ± 1,4*	8,3 ± 0,6*	7 ± 0,8#§*	1709,7 ± 177,6*	25,3 ± 1,8*
RB	7,9 ± 0,	7 ± 0,8	6,1 ± 1,1#§	1424,4 ± 196	21 ± 1,6
Grandària de l'efecte	-0,92 (trivial)	-2,1 (trivial)	-1,12 (trivial)	-1,60 (trivial)	-2,38 (trivial)

BR: exercici de pressió sobre banc, seguit de l'exercici de rem assegut; RB: rem assegut seguit de l'exercici de pressió sobre banc; VE: volum d'entrenament (repetició × sèries × càrrega externa); TT: treball total (repeticions × sèries); * diferència significativa a la seqüència RB; † diferència significativa a la seqüència de BR; # diferència significativa de la sèrie 1; § diferència significativa de la sèrie 2.

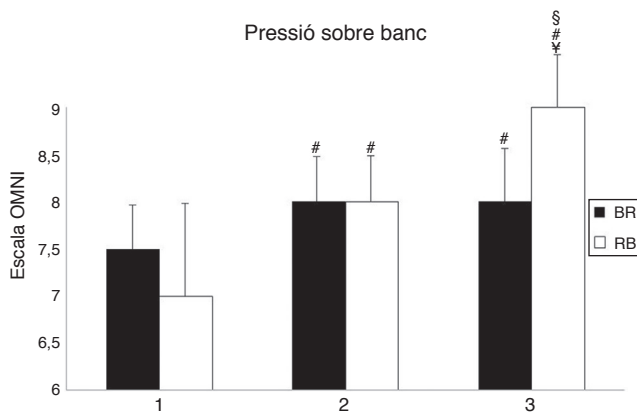


Figura 2 Mitjana dels valors de l'índex d'esforç percebut, seguit de l'escala OMNI-RES en l'exercici de pressió sobre banc. BR: sèries emparellades entre l'exercici de pressió sobre banc seguides de l'exercici de rem assegut; RB: sèries emparellades entre el rem assegut seguides de l'exercici de pressió sobre banc; * diferència significativa de la seqüència RB; † diferència significativa de la seqüència BR; # diferència significativa de la sèrie 1; § diferència significativa de la sèrie 2.

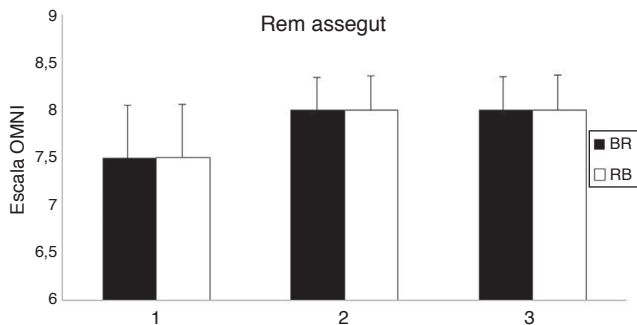


Figura 3 Mitjana de valors de l'índex d'esforç percebut seguits de l'escala OMNI-RES en l'exercici de rem assegut. BR: sèries emparellades de pressió sobre banc seguides de l'exercici de rem assegut; RB sèries emparellades de rem assegut seguides de l'exercici de pressió sobre banc.

total ($p = 0,0001$) en els exercicis de rem assegut, en la seqüència BR en comparació amb RB.

L'RPE fou significativament més alta en les sèries 2 ($p = 0,002$; $p = 0,0001$) i 3 ($p = 0,003$; $p = 0,0001$) que en la sèrie 1, en les seqüències BR i RB en l'exercici de pressió sobre banc, respectivament (fig. 2). Així, l'RPE fou major durant la sèrie 3 en RB ($p = 0,0001$) en comparació amb la seqüència BR. Tanmateix, no es van trobar diferències significatives de l'RPE a l'exercici de rem assegut a les 3 sèries en ambdues seqüències (fig. 3).

No hi hagué diferències significatives o interacció entre sèries i seqüències en l'activació dels músculs TB i PM durant l'exercici de pressió sobre banc. Això també és vàlid en l'activació del BB durant l'exercici de pressió sobre banc.

No obstant això, hi hagué diferències significatives entre els protocols en l'activació del múscul DP ($F = 5,454$; $p = 0,038$). La coactivació del DP fou significativament més gran durant la sèrie 1 ($p = 0,002$), 2 ($p = 0,0001$) i 3 ($p = 0,0001$) comparant BR amb la seqüència RB (fig. 4).

Hi hagué diferències significatives entre protocols per al múscul DP ($F = 6,324$; $p = 0,021$). La coactivació DP fou significativament més gran durant les sèries 1 ($p = 0,021$), 2 ($p = 0,001$) i 3 ($p = 0,0001$) en BR, comparada amb la condició RB. No hi hagué diferències significatives o interacció entre les sèries i els protocols per als músculs BB durant l'exercici de rem assegut en ambdues seqüències. Resultats similars es trobaren en l'activació de TB durant l'exercici de rem assegut (fig. 5).

Discussió

Les principals conclusions d'aquesta investigació demostren que hi hagué volum d'entrenament significatiu major en l'exercici de rem assegut quan es realitzava després de l'exercici de pressió sobre banc, comparat amb l'ordre invers durant l'entrenament SE. També es va observar una activació muscular DP superior a les 3 sèries de rem assegut realitzades sota protocol BR, comparades a les d'RB. Aquests resultats concorden amb evidències anteriors que van trobar millores significatives en el rendiment de força

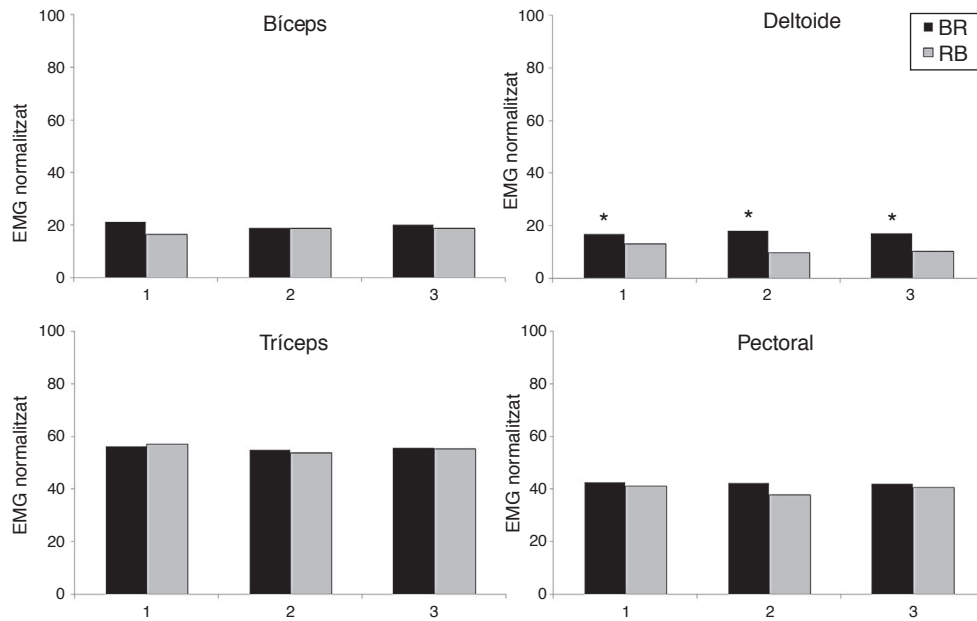


Figura 4 Mitjana quadràtica normalitzada dels músculs bíceps braquial, deltoide posterior, pectoral i tríceps braquial durant l'exercici de pressió sobre banc. * Diferència significativa del protocol RB ($p < 0,05$).

seguint protocols antagonistes de pre-càrrega^{8,20}. Aquestes troballes també poden indicar que cal considerar l'ordre dels exercicis en la prescripció de l'entrenament SE.

En el present estudi s'observà un volum d'entrenament superior quan l'exercici de rem assegut es feia després de l'exercici de pressió sobre banc (BR), en comparació amb

l'ordre invers (RB). Aquests resultats foren similars als trobats per Balsamo et al.⁸, que observaren un volum d'entrenament significativament major quan l'exercici d'extensió de genolls es realitzava després de l'exercici de rull de cames (càrregues de 10 RM), en comparació amb l'exercici en ordre invers (extensió de genolls abans del rull de cames). Balsamo

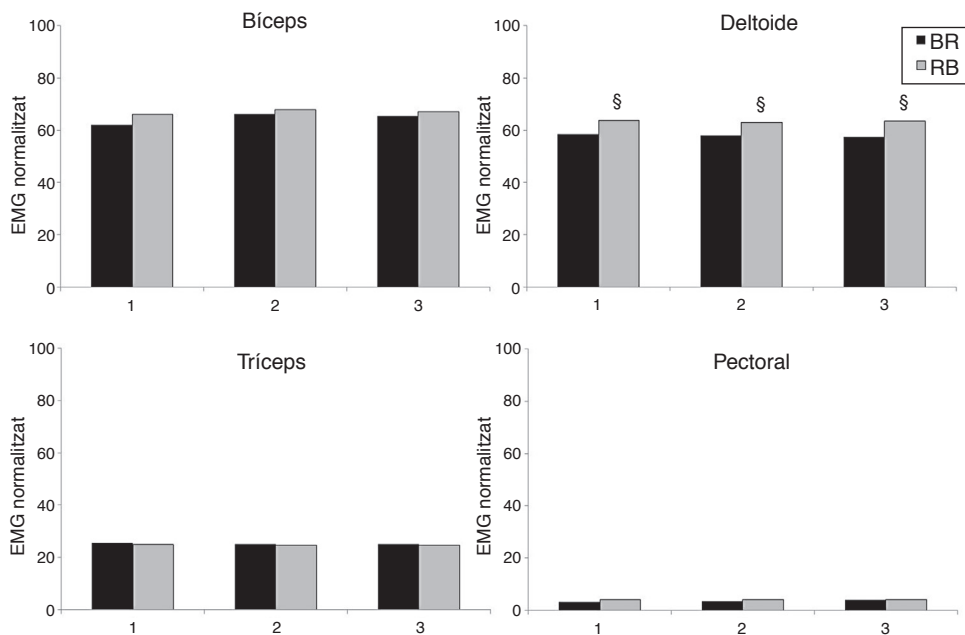


Figura 5 Mitjana quadràtica normalitzada dels músculs bíceps braquial, deltoide posterior, pectoral i tríceps braquial durant l'exercici de rem assegut. § diferència significativa del protocol BR ($p < 0,05$).

et al.⁸ suggeriren que els músculs isquiotibials eren més sensibles a les alteracions del fus neuromuscular, els òrgans tendinosos de Golgi i l'emmagatzematge d'energia elàstica, en comparació amb els músculs del quàdriceps, que poden ser responsables de l'efecte potencial de la precàrrega antagonista. Quant a l'exercici de rem assegut, Paz et al.¹⁰ observaren un rendiment superior en la repetició després d'una sèrie antagonista de precàrrega de pressió sobre banc (càrregues de 10 RM), en comparació a una sèrie d'exercicis de rem assegut executat sense precàrrega antagonista.

Tanmateix, al present estudi no hi hagué diferències significatives en el volum d'entrenament i el treball total en l'exercici de pressió sobre banc entre les 2 seqüències. Això també és vàlid per a l'RPE entre sèries i exercicis. Resultats similars foren observats per Robbins et al.⁷, que trobaren un volum d'entrenament similar en 3 exercicis SE de tracció sobre banc i pressió sobre banc (càrregues de 4 RM), utilitzant intervals de 4 min de descans entre sèries i exercicis, en comparació amb l'entrenament ST. Robbins et al.⁷ suggeriren que els músculs dorsals són més resistents a acumular fatiga, cosa que pot afectar l'adaptació de la precàrrega antagonista. En un altre estudi, Robbins et al.⁶ també observaren un volum d'entrenament similar immediatament després de 3 SE (amb interval de descans de 2 min) de tracció sobre banc i pressió sobre banc (4 RM), comparat a l'entrenament ST (amb interval de descans de 4 min). Aquests resultats foren diferents dels de Baker i Newton²⁰, que observaren un rendiment de força superior durant els llançaments des de pressió sobre banc, 3 min després de la sèrie de tracció, comparats amb els llançaments des de pressió sobre banc sense precàrrega antagonista. Baker i Newton²⁰ suggeriren que aquest augment en el rendiment de la força agonista era a causa d'una alteració en el patró trifàsic d'activació (agonista-antagonista-agonista) induïda per la tensió prèvia de l'antagonista.

Una activació muscular superior s'observà en els músculs DP durant les 3 sèries realitzades de l'exercici de rem assegut sota seqüència BR, en comparació de la seqüència d'RB. Aquests resultats contrasten amb els investigadors anteriors que no trobaren diferències en l'activació del múscul agonista o antagonista en l'entrenament SE en comparació amb l'entrenament ST^{7,6}. No obstant això, resultats similars foren observats per Paz et al.¹⁰, que constataren una activació muscular major del dorsal ample i BB en rem assegut seguit d'una sèrie de pressió sobre banc, en comparació amb una sèrie sense activació antagonista prèvia. Els autors associen aquests resultats a un estat de fatiga induïda per la manipulació antagonista. Recentment, Maia et al.⁹ observaren un augment significatiu de l'activació muscular del vast medial i recte femoral durant una sèrie d'exercicis d'extensió de genolls a la màquina (càrregues de 10 RM), seguit del rull de cames, adoptant intervals de descans limitats o més curts (30 s i 1 min), en comparació amb un protocol sense precàrrega antagonista. Aquests resultats recolzen les hipòtesis que indiquen que la preactivació antagonista pot millorar l'activació dels músculs agonistes i el rendiment de força⁶.

En el present estudi s'observaren augments significatius d'activació de DP durant l'exercici de pressió sobre banc a les 3 sèries, sota seqüència BR en comparació amb RB. Aquests resultats poden estar associats amb la funció esta-

bilitzadora dels músculs de l'espatlla DP durant l'exercici de rem assegut (abducció de l'espatlla), tenint en compte el cansament acumulat per l'SE i l'augment en el nombre de repeticions realitzades sota seqüència BR. L'increment de l'amplitud EMG observat durant BR podria ser atribuït sobretot al reclutament de la unitat motora addicional i/o un increment de la sincronització espacial o temporal de la unitat motora, presumiblement per compensar la fatiga de la fibra muscular²¹⁻²². Han estat proposats diversos mecanismes (per exemple, l'ajust neuronal de l'òrgan tendinós de Golgi, un emmagatzematge més gran d'energia elàstica, l'alteració de les vies neurals trifàsiques) per explicar el rendiment induït per la precàrrega de l'antagonista^{7-8,20,23}. D'altra banda, l'alteració en el patró trifàsic pot no ser responsable dels resultats trobats en aquest estudi, tenint en compte que el patró d'activació trifàsica sovint és induït per moviments de velocitat major.

Una troballa secundària d'aquest estudi fou observar una disminució del rendiment en la repetició tant de pressió sobre banc com de rem assegut, en les sèries dels 2 protocols. Aquestes dades suggereixen que un interval de descans de 2 min fou insuficient per mantenir el rendiment de la repetició. Aquesta troballa està d'acord amb investigacions prèvies SE en què és mantingué el rendiment de la repetició amb intervals de descans d'1 a 4 min entre sèries^{3,6,24}.

Aquest estudi té unes limitacions que cal esmentar. A causa de factors com ara la velocitat i la longitud de la fibra muscular, la interpretació del senyal d'EMG durant les tasques dinàmiques pot augmentar les característiques no estacionàries del senyal d'EMG. A més, l'estudi només va revisar 2 exercicis de resistència de la part superior del cos, mentre que les sessions d'entrenament de resistència normalment inclouen diversos exercicis realitzats en múltiples sèries. Per tant, les interaccions entre els músculs agonistes i antagonistes tenen un potencial més gran i una aplicabilitat pràctica de millores importants del rendiment de força, que caldria estudiar en recerques futures.

Conclusions

Els resultats d'aquest estudi suggereixen que l'ordre dels exercicis té un efecte important en el rendiment de força en l'entrenament SE per al volum d'entrenament, el treball total i l'activació dels músculs de la part superior del cos. Si l'objectiu de la sessió d'entrenament és augmentar intensament el rendiment de les repeticions i l'activació muscular, l'exercici de pressió sobre banc ha de ser realitzat abans de l'exercici de rem assegut.

Conflicte d'interessos

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

Agraïments

Els autors agraeixen al Programa d'Educació per al Treball i la Salut (PET-SAUDE), així com a la Coordinació de Perfec-

cionament de Personal de Nivell Superior (CAPES/Brasil), per la beca de mestratge concedida a G. A. Paz.

Bibliografia

1. American College of Sports Medicine (ACSM). Position Stand: quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: guidance for prescribing exercise. *Med Sci Sports Exerc.* 2011;43:1334-59.
2. American College of Sports Medicine (ACSM) Position Stand: Progression Models in Resistance Training for Healthy Adults. *Med Sci Sports Exerc.* 2009;34:687-708.
3. Miranda H, Simao R, dos Santos Vigario P, de Salles BF, Pacheco MT, Willardson JM. Exercise order interacts with rest interval during upper-body resistance exercise. *J Strength Cond Res.* 2010;24:1573-7.
4. Simao R, de Salles BF, Figueiredo T, Dias I, Willardson JM. Exercise order in resistance training. *Sports Med.* 2012;42:251-65.
5. Fleck SJ, Kraemer WJ. Designing resistance training programs. Fourth Edition. Human Kinetics; 2014.
6. Robbins DW, Young WB, Behm DG, Payne WR. Agonist-antagonist paired set resistance training: a brief review. *J Strength Cond Res.* 2010;24:2873-82.
7. Robbins DW, Young WB, Behm DG. The effect of an upper-body agonist-antagonist resistance training protocol on volume load and efficiency. *J Strength Cond Res.* 2010;24:2632-40.
8. Balsamo S, Tibana RA, Nascimento D da C, de Farias GL, Petrucci Z, de Santana Fdos, et al. Exercise order affects the total training volume and the ratings of perceived exertion in response to a super-set resistance training session. *Int J Gen Med.* 2012;5:123-7.
9. Maia MF, Willardson JM, Paz GA, Miranda H. Effects of different rest intervals between antagonist paired sets on repetition performance and muscle activation. *J Strength Cond Res.* 2014;28:2529-35.
10. Paz GA, Willardson JM, Simão R, Miranda H. Effects of different antagonist protocols on repetition performance and muscle activation. *Med Sport.* 2013;17:106-12.
11. Miranda H, Figueiredo T, Rodrigues B, Paz GA, Simão R. Influence of exercise order on repetition performance among all possible combinations on resistance training. *Res Sports Med.* 2013;21:355-66.
12. Jackson AS, Pollock ML. Generalized equations for predicting body density of men. *Br J Nutr.* 1978;40:497-504.
13. Gentil PE, Oliveira E, de Araújo Rocha Júnior V, do Carmo J, Bottaro M. Effects of exercise order on upper-body muscle activation and exercise performance. *J Strength Cond Res.* 2007;21:1082-6.
14. Tan B. Manipulating resistance training program variables to optimize maximum strength in men: a review. *J Strength Cond Res.* 1999;13:289-304.
15. Robertson RJ, Goss FL, Rutkowski J, Lenz B, Dixon C, Timmer J, et al. Concurrent validation of the OMNI perceived exertion scale for resistance exercise. *Med Sci Sports Exerc.* 2003;35:333-41.
16. Hermens HJ, Freriks B, Disselhorst-Klug C, Rau G. Development of recommendations for SEMG sensors and sensor placement procedures. *J Electromyogr Kinesiol.* 2000;10:361-74.
17. De Luca CJ. The use of surface electromyography in biomechanics. *J Appl Biomech.* 1997;13:135-63.
18. Wright GA, DeLong TH, Gehlsen G. Electromyographic activity of the hamstrings during performance of the leg curl, stiff-leg deadlift, and back squat movements. *J Strength Cond Res.* 1999;13:168-74.
19. Rhea M. Determining the magnitude of treatment effects in strength training research through the use of the effect size. *J Strength Cond Res.* 2004;18:918-20.
20. Baker D, Newton RU. Acute effect on power output of alternating an agonist and antagonist muscle exercise during complex training. *J Strength Cond Res.* 2005;19:202-5.
21. Benson C, Docherty D, Brandenburg J. Acute neuromuscular responses to resistance training performed at different loads. *J Sci Med Sport.* 2006;9:135-42.
22. Marshall PW, Robbins DA, Wrightson AW, Siegler JC. Acute neuromuscular and fatigue responses to the rest-pause method. *J Sci Med Sport.* 2012;15:153-8.
23. Carregaro R, Cunha R, Oliveira CG, Brown LE, Bottaro M. Muscle fatigue and metabolic responses following three different antagonist pre-load resistance exercises. *J Electromyogr Kinesiol.* 2013;23:1090-6.
24. Robbins DW, Young WB, Behm DG, Payne WR. The effect of a complex agonist and antagonist resistance training protocol on volume load, power output, electromyographic responses, and efficiency. *J Strength Cond Res.* 2010;24:1782-9.