



## TREBALL ORIGINAL

# Efecte de la massa muscular implicada en els exercicis de resistència sobre la pressió arterial postexercici i el doble producte

Hamid Mohebbi<sup>a,\*</sup>, Hadi Rohani<sup>b</sup> i Ahmad Ghiasi<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Department of Exercise Physiology, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran

<sup>b</sup>Department of Sport Medicine, Sport Sciences Research Institute of Iran, Teheran, Iran

Rebut el 3 de febrer de 2016; acceptat el 2 de maig de 2016

### PARAULES CLAU

Entrenament de resistència;  
Regions corporals;  
Pressió arterial;  
Hipotensió postexercici

### Resum

La pressió arterial (PA) i la freqüència cardíaca (FC) durant el període de recuperació poden estar influenciades per la grandària de la massa muscular activada, i és possible que aquesta variable també tingui efectes diferents sobre el doble producte (DP) en el postexercici. L'objectiu d'aquest estudi fou investigar i comparar la resposta de la pressió arterial sistòlica (PAS) i la pressió arterial diastòlica (PAD), l'FC i el DP durant la recuperació de l'exercici de resistència en diferents regions del cos.

Dotze joves normotensos realitzaren 3 assaigs aleatoris d'exercicis de resistència amb les extremitats superiors (ES), les extremitats inferiors (EI) i el cos complet (CC), i una sessió de control (CON). Tots els exercicis inclogueren 3 sèries de 10 repeticions amb un 65% d'1 repetició màxima (1RM) amb 2 min d'interval de descans entre sèries i exercicis. PAS, PAD, FC i DP es mesuraren abans i cada 15 min després de l'exercici, fins als 60 min. El lactat sanguini (LACs) també es mesurà abans i al primer minut després del final de l'exercici. Per analitzar les dades s'utilitzà l'anàlisi de variància (ANOVA) i el test post hoc de Bonferroni amb  $p \leq 0,05$ .

La PAS disminuï durant els 60 min després de les proves dels exercicis ES, EI i CC de manera similar, mentre que en les proves postexercici la PAD no mostrà cap canvi. S'observaren augments significatius en el DP als 15 min postexercici en EI i 30 min després d'ES i CC. La concentració de lactat sanguini augmentà significativament després de l'exercici de resistència ES, EI i CC en comparació amb els valors en repòs, així com en les sessions CON.

Els diferents exercicis de resistència ES, EI i CC provocaren una hipotensió postexercici de magnitud i durada similar, i van produir gairebé la mateixa resposta cardiovascular, malgrat que hi participés una massa muscular diferent.

© 2016 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: [mohebbi\\_h@yahoo.com](mailto:mohebbi_h@yahoo.com) (H. Mohebbi).

**KEYWORDS**

Resistance training;  
Body regions;  
Blood pressure;  
Post-exercise  
hypotension

## Effect of involved muscle mass in resistance exercise on post-exercise blood pressure and rate pressure product

**Abstract**

As the blood pressure (BP) and heart rate (HR) response during the recovery period can be influenced by size of activated muscle mass, it is possible that this variable also has some distinct effects on post-exercise rate pressure product (RPP). The aim of the present study was to investigate and compare the systolic (SBP) and diastolic blood pressure (DBP), HR, and RPP responses during recovery to resistance exercise with different body regions.

Twelve normotensive young men randomly performed three resistance exercise trials with upper limbs (UL), lower limbs (LL), and whole body (WB), and a control session (CON). All exercise trails included 3 sets of 10 repetitions, with 65% of 1-repetition maximum (1RM) with 2 min rest interval between sets and exercises. SBP, DBP, HR, and RPP were measured before and at each 15 min after exercise until 60 min. Blood lactate (bLAC) was also measured before, and at the 1st minute after the end of exercise. Analysis of variance (ANOVA) and Bonferroni post hoc were used to analyze the data, with a  $P < .05$ .

The SBP decrease for 60 min after UL, LL, and WB exercise trials was similar, whereas there was no change in post-exercise DBP after the trials. Significant increases were observed in RPP for 15 min after LL, and 30 min after UL and WB. The blood lactate concentration significantly increased after UL, LL and WB resistance exercise when compared to the rest values, as well as in the CON sessions.

UL, LL and WB resistance exercise lead to post-exercise hypotension, similar in magnitude and duration, and almost produce the same cardiovascular responses, despite different muscle mass involvement.

© 2016 Consell Català de l'Esport. Generalitat de Catalunya. Published by Elsevier España, S.L.U. All rights reserved.

**Introducció**

La hipertensió, la principal causa de les malalties del cor, és el major problema de salut pública al món. L'activitat física ha estat recomanada com a una alternativa no farmacològica en la prevenció i el tractament de la hipertensió arterial<sup>1</sup>. Recentment, s'ha prestat atenció no sols als beneficis cardiovasculars de l'entrenament físic, sinó també als efectes d'una sessió d'entrenament agut. Després d'una sessió d'entrenament agut, els nivells de pressió arterial (PA) es redueixen en minuts o hores, en relació als nivells preexercici<sup>2-4</sup>. Aquest fenomen es denomina hipotensió postexercici (HPE) i ha estat a bastament estudiat degut a la seva importància en la prevenció i tractament de la hipertensió arterial<sup>1,2,4,5</sup>. Després de l'exercici aeròbic s'ha demostrat HPE<sup>1</sup>, mentre que després de l'exercici de resistència s'observen resultats controvertits. Alguns investigadors informaren d'un augment<sup>6</sup>, disminució<sup>7-10</sup> o cap canvi<sup>11,12</sup> en la PA després de l'exercici de resistència. A més, hi ha pocs estudis bibliogràfics referents a la investigació i comparació dels efectes hipotensors de l'entrenament de resistència realitzats amb les extremitats superiors (ES), les extremitats inferiors (EI) i el cos complet (CC). La majoria d'estudis sobre els exercicis de resistència en CC utilitzen diversos exercicis, cada un adreçat a un grup específic de músculs, que impliquen ES i EI. En aquest cas, Simão et al.<sup>13</sup> verificaren que una sola sèrie del sistema convencional (6 repeticions màximes [6RM]) o un circuit

d'entrenament de resistència (50% de 6RM) produeix una HPE significativa en subjectes normotensos, mentre que altres autors<sup>12</sup> no observaren cap canvi de la PA després d'un entrenament de resistència CC. No s'observen canvis d'HPE en la pressió arterial sistòlica (PAS) i la pressió arterial diastòlica (PAD) després de l'entrenament de resistència tant en ES com en EI<sup>14</sup>. Tanmateix, diversos estudis han observat HPE de PAS només després de l'entrenament de resistència en EI<sup>15</sup>.

Els possibles mecanismes amb HPE subjacent inclouen una reducció de l'activitat nerviosa simpàtica i una disminució de la capacitat de resposta vascular a una activació  $\alpha$ -adrenèrgica del receptor, cosa que provoca una reducció perllongada de la resistència vascular perifèrica<sup>16</sup>. Tenint en compte els efectes de la vasorelaxació, les substàncies locals alliberades pels músculs entrenats també poden estar involucrades en HPE<sup>3</sup>. En la mateixa intensitat relativa de l'entrenament, la massa muscular activa total i la taxa metabòlica absoluta encara serien més grans en CC, EI i en l'entrenament de resistència ES, respectivament. També es dedueix que mentre la concentració de metabòlits intramusculars i ions (p. ex., adenosina i K<sup>+</sup>) pot ser similar en les 3 modalitats d'exercici, la producció absoluta d'aquestes substàncies vasodilatadores i l'alliberament a la circulació pot ser major amb l'exercici de resistència CC. Per tant, es pot esperar que l'entrenament de resistència CC, EI i ES menin a una disminució major de la PA, respectivament, si en HPE hi intervenen alguns factors perifèrics.

Taula 1 Característiques físiques i cardiovasculars dels participants

| Variablen                | Mitjana ± DE | Variablen                          | Mitjana ± DE |
|--------------------------|--------------|------------------------------------|--------------|
| Edat (anys)              | 23,7 ± 1,4   | 1RM pressió d'espatlles (kg)       | 40,1 ± 7,3   |
| Pes (kg)                 | 68,1 ± 8,5   | 1RM tracció a la politja alta (kg) | 60,3 ± 9,3   |
| Estatura (cm)            | 176,4 ± 4,0  | 1RM pressió sobre banc (kg)        | 55,3 ± 11,3  |
| IMC (kg/m <sup>2</sup> ) | 21,7 ± 2,1   | 1RM rull de bíceps (kg)            | 28,7 ± 2,3   |
| GC (%)                   | 14,8 ± 3,7   | 1RM pressió de cames (kg)          | 158,4 ± 23,6 |
| PAS (mmHg)               | 115,5 ± 3,1  | 1RM extensió de genolls (kg)       | 48,5 ± 11,6  |
| PAD (mmHg)               | 73,1 ± 3,1   | 1RM flexió de genolls (kg)         | 41,1 ± 10,6  |
| FC (bpm)                 | 71,5 ± 4,1   | 1RM esquat (kg)                    | 80,8 ± 11,9  |

S'ha demostrat que un volum major d'entrenament de la massa muscular i una producció major de metabòlits com a resultat de l'augment de l'activitat cel·lular poden contribuir a estimular un increment d'FC durant l'exercici de resistència<sup>17</sup>. La magnitud de les respostes neuronal i hemodinàmica durant l'exercici de resistència està relacionada amb la grandària de la massa muscular activada<sup>17</sup>. Per tant, és possible que la massa muscular activada també tingui efectes diferents sobre els canvis cardiovasculars després de l'exercici de resistència. En aquest context, l'FC i el doble producte (DP: índex de consum d'oxigen del miocardi) s'incrementen després de l'exercici de resistència CC<sup>7</sup>, en canvi no s'ha observat cap canvi en el postexercici de resistència EI<sup>18</sup>.

Com que la resposta de la PA i de l'FC durant el període de recuperació pot estar influenciada per la mida de la massa muscular activada, és possible que aquesta variable també tingui efectes clars sobre el DP postexercici. Per tant, l'objectiu d'aquest estudi fou investigar i comparar les respostes de PAS, PAD, FC i DP durant la recuperació després d'exercicis de resistència EI, ES i CC.

## Material i mètodes

### Subjectes

Dotze homes normotensos sedentaris participaren voluntàriament en aquest estudi. Tots els participants eren no fumadors, no tenien antecedents de malaltia cardiovascular en ells mateixos ni en les seves famílies, no preni cap medicament i no feien activitat física de manera regular. Foren exclosos els subjectes que presentaven PAS > 139 mmHg, PAD > 89 mmHg, índex de massa corporal > 24,9 kg/m<sup>2</sup> i massa grassa > 20%. Els participants reberen assessorament complet sobre els possibles riscos i molèsties que podien sofrir, i tots signaren el consentiment informat. A la taula 1 es presenten les seves característiques físiques i cardiovasculars.

### Procediment

Tots els procediments seguien la Declaració d'Hèlsinki i l'estudi fou aprovat pel Comitè d'investigació ètica de la Universitat de Guilan. Abans d'iniciar les proves, es realitzà una valoració clínica i es mesurà la PA, i es prengueren les mesures de la massa corporal grassa, índex de massa corpo-

ral, pes i estatura. Després, participaren en sessions de familiarització i realitzaren un test d'1RM en dies no consecutius. Els participants dugueren a terme els exercicis de forma aleatòria en 4 dies no consecutius amb intervals de 72 h<sup>1</sup> com a mínim: exercicis de resistència ES<sup>2</sup>, exercicis de resistència EI<sup>3</sup>, exercicis de resistència CC<sup>4</sup> i una sessió de control (CON). Es mesuraren i analitzaren els valors pre i postexercici de PA, FC, DP i lactat sanguini (LACs).

Totes les mesures es prengueren entre les 4 i les 6 de la tarda per controlar la variació diürna de la PA. Als participants se'ls digué que calia que evitessin el consum de begudes alcohòliques o amb cafeïna i que no fessin activitat vigorosa en les darreres 48 h, i se'ls digué que havien de fer l'últim àpat 2 h abans de començar les sessions experimentals. El laboratori tenia una temperatura mitjana de 22 °C i la mitjana de la humitat relativa de l'aire era del 50%.

Per obtenir els valors de repòs de la PA i l'FC, els subjectes es mantingueren en posició d'asseguts durant 20 min, i es mesurà la PA i l'FC cada 5 min des del minut 10. Es dugué a terme 3 vegades pel mateix observador experimentat, després de 5 min de descans, en 2 visites separades. La sessió experimental s'ajornava per a un altre dia si la PA dels voluntaris en el preexercici era anormal (PAS > 139, PAD > 89); en cas contrari, el subjecte feia els exercicis (3 sèries, 10 repeticions amb una càrrega de treball corresponent al 65% d'1RM, interval de 2 min de descans entre sèries i exercicis) en ES (pressió d'espatlles, tracció a la politja alta, pressió sobre banc i rull de braços), EI (pressió de cames, extensió de genolls, flexió de genolls i esquat) i/o CC (pressió sobre banc, pressió de cames, tracció a la politja alta, flexió de genolls). El temps total de cada sessió fou ~26 min. Després dels exercicis d'assaig, la PA i l'FC es mesuraren durant 60 min cada 15 min en la recuperació postexercici (R15, R30, R45, R60) mentre els participants estaven en posició d'assegut. L'FC es controlà amb un pulsòmetre Polar® (T31, Finlàndia). La PA es mesurà amb un esfigmomanòmetre de mercuri estàndard (ALPK2, Japó) en posició d'assegut. Les fases primera i cinquena dels sons de Korotkoff es prengueren com a valors PAS i PAD, respectivament.

El DP (= PAS · FC) es calculà com a predictor fiable de la demanda miocardiaca d'oxigen<sup>19,20</sup>. LACs es mesurà abans i dins el primer minut després del final de l'exercici, de la punta del dit mitjà de la mà esquerra, amb un sistema d'anàlisi del lactat sanguini automàtic (Lactate Scout, Alemanya) seguint l'ordre següent: es netejà i desinfectà el

**Taula 2** Mitjana de valors pre- i postexercici en totes les proves LACs

|              | ES                         | EI                         | CC                         | CON         |
|--------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|-------------|
| Preexercici  | 1,60 ± 0,38                | 1,35 ± 0,36                | 1,42 ± 0,37                | 1,46 ± 0,35 |
| Postexercici | 7,08 ± 1,06 <sup>a,b</sup> | 8,00 ± 1,56 <sup>a,b</sup> | 8,25 ± 2,03 <sup>a,b</sup> | 1,43 ± 0,27 |

CC: exercici de resistència cos complet; CON: sessió de control; EI: exercici de resistència extremitats inferiors; ES: exercici de resistència extremitats superiors.

<sup>a</sup> Diferència significativa vs. repòs.

<sup>b</sup> Diferència significativa vs. CON ( $p \leq 0,05$ ).

palpís del dit amb aigua destil·lada i cotó amb alcohol. A continuació, es féu una punció al dit amb la llanceta, la primera gota de sang es rebutjà, i la segona es col·locà a la tira d'assaig per analitzar el lactat sanguini.

De la mateixa manera, es realitzaren tots els mesuraments de la sessió CON mentre els subjectes descansaven en una cadira confortable durant 26 min en el període corresponent a l'entrenament en altres proves.

### Test 1RM

En 2 sessions diferents i almenys 10 dies abans dels experiments, els participants es van sotmetre a una prova d'1RM de 8 exercicis de resistència dinàmica amb pesos lliures (pressió d'espatlles, pressió sobre banc, rull de bíceps, esquat) o amb màquina universal multiestació (pressió de cames, extensió de genolls, flexió de genolls i tracció a la politja alta). A cada sessió realitzaren 2 exercicis ES i 2 EI. Referent a això, d'acord amb la fórmula de Brzycki<sup>21</sup>, per calcular 1RM s'usà un pes i s'aixecava al màxim fins a l'esgotament després de 2-10 repeticions. Abans de realitzar el test d'1RM, els participants van ser sotmesos a 2 sessions de familiarització amb les tècniques d'entrenament estàndard.

### Anàlisi estadística

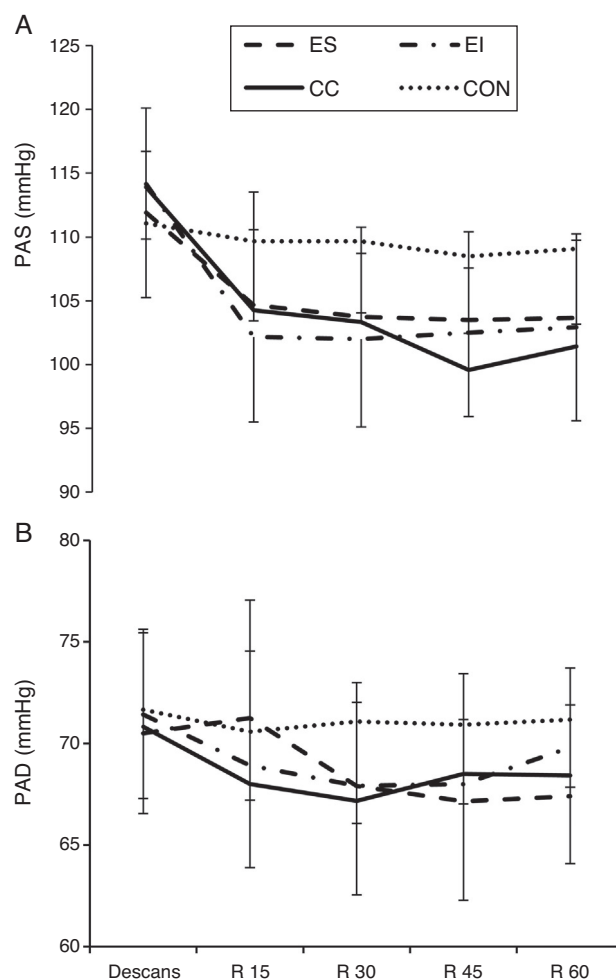
La normalitat de les dades s'avaluà mitjançant la prova de Kolmogorov-Smirnov. Aquesta hipòtesi s'aplicà a totes les dades, per la qual cosa s'utilitzaren proves estadístiques paramètriques. Per analitzar les dades s'usà l'anàlisi de variància (ANOVA) amb mesures repetides (4 sessions × 5 ocasions) i el test post hoc de Bonferroni. Totes les dades de l'anàlisi s'establiren al nivell  $p = 0,05$  usant el programari SPSS v.16.

### Resultats

No s'observaren diferències significatives entre les sessions experimentals en els valors preexercici de PAS, PAD i LACs. Aquestes variables tampoc no tingueren canvis significatius durant la sessió CON.

### Lactat sanguini

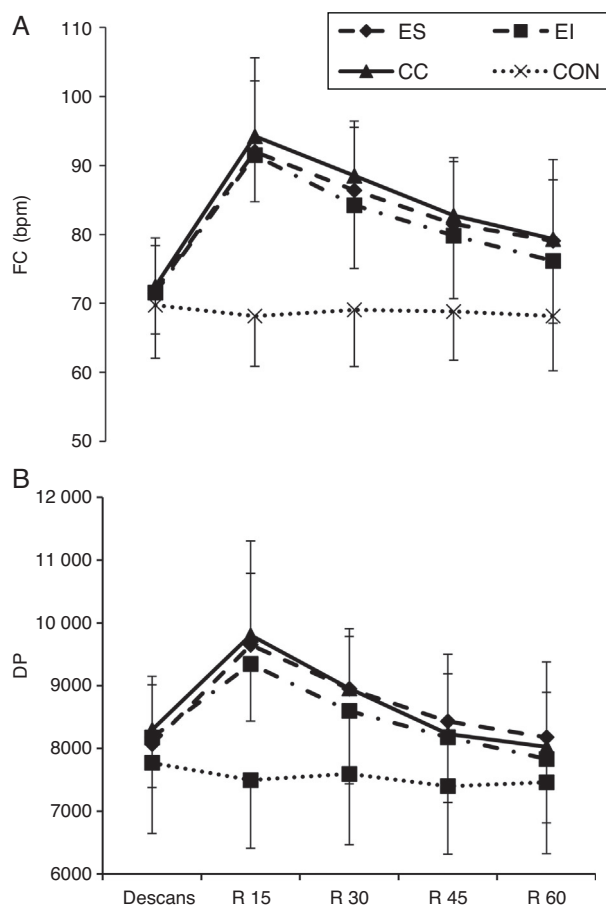
La concentració LACs incrementà significativament després dels exercicis de resistència ES, EI i CC en comparació amb la resta, així com en els valors CON ( $p \leq 0,05$ ). No s'observaren diferències significatives en els valors LACs postexercici entre les proves ES, EI i CC (taula 2).



**Figura 1** Canvis en la pressió arterial sistòlica (A) i diastòlica (B) durant el període de recuperació. CC: exercici de resistència cos complet; CON: sessió de control; EI: exercici de resistència extremitats inferiors; ES: exercici de resistència extremitats superiors.

### Pressió arterial

La PAS disminuí significativament després dels exercicis de resistència ES, EI i CC en comparació amb la resta de valors en totes les ocasions ( $p \leq 0,05$ ). En comparació amb l'assaig de control, s'observà una disminució significativa en exercicis de resistència en R30 en CC i EI i en exercicis de resistència en R45 en CC ( $p \leq 0,05$ ), però no observarem diferències



**Figura 2.** Canvis de la freqüència cardíaca (A) i doble producte (B) durant el període de recuperació. CC: exercici de resistència cos complet; CON: sessió de control; EI: exercici de resistència extremitats inferiors; ES: exercici de resistència extremitats superiors.

significatives entre les proves experimentals en qualsevol ocasió, així com entre cada un dels moments postexercici.

La PAD no presentà canvis després de les proves: la PAD a R15, R30, R45 i R60 no diferí de la resta de valors en ES, EI i CC. Tampoc no hi hagué diferències significatives entre ES, EI, CC i CON en qualsevol ocasió (fig. 1).

### Freqüència cardíaca

L'FC romangué significativament per damunt dels valors de repòs després dels assaigs d'entrenament (60 min ES i EI; 45 min CC;  $p \leq 0,05$ ) en comparació amb els valors preexercici. En comparació amb la prova CON, l'FC incrementà significativament en tots els moments després ES i CC i 45 min EI ( $p \leq 0,05$ ). Tampoc no hi hagué diferències significatives entre ES, EI i CC (fig. 2A).

### Doble producte

El DP augmentà significativament i restà més elevat que els valors preexercici, el mateix que la prova CON, després de les proves d'exercici (15 min EI, 30 min ES i CC;  $p \leq 0,05$ ). Tampoc no hi hagué diferències significatives entre EI, ES i CC (fig. 2B).

### Discussió

D'acord amb estudis previs, les dades sobre HPE i sobretot l'exercici de resistència en EI i ES continuen essent escasses, i la majoria d'estudis que han utilitzat exercici de resistència CC han reportat increment<sup>6</sup>, disminució<sup>7-10</sup> o sense canvis<sup>11,12</sup> en la PA en l'exercici de postresistència. Mohebbi et al.<sup>7</sup> i Rezk et al.<sup>8</sup> observaren una disminució de la PAS després dels exercicis de resistència CC (utilitzaren diversos exercicis, però cada un dirigit a un grup muscular específic, que impliquen les extremitats superiors i les inferiors). Dias et al.<sup>14</sup> reportaren HPE en la PAS i sense canvis en la PAD seguits d'ambdós exercicis de resistència EI i ES i no observaren diferències en la PAS i la PAD entre tipus d'exercici. En un altre estudi, Polito i Farinatti<sup>15</sup> investigaren els efectes de la massa muscular sobre HPE després d'exercicis de resistència (rull de bíceps vs. extensió de cames) amb 10 repeticions amb una càrrega de 12RM. Observaren HPE de la PAS només en el cas d'una gran massa muscular (extensió de cames) entrenada a alta intensitat (10 sèries). Per tant, es pot pensar que massa muscular i volum d'entrenament poden influir en HPE. A més, MacDonald et al.<sup>22</sup> reportaren HPE de la PAS fins a 60 min: després de 15 min d'exercicis de resistència de les extremitats inferiors (pressió de cames) es duia a terme amb una càrrega corresponent al 65% d'1RM. En canvi, altres autors<sup>23</sup> no observaren canvis significatius en la PAS i la PAD després d'ambdós mètodes tradicionals múltiples d'una sèrie i una triple sèrie en què utilitzaren 6 exercicis ES en 2 grups musculars diferents (pit i esquena). De la mateixa manera, tampoc no s'ha reportat resposta hipotensiva en la PAS ni en la PAD després de tres sèries de 12 repeticions màximes d'extensió de genoll unilateralment i bilateralment<sup>18</sup>. Tanmateix, en aquest estudi, que realitzà l'exercici de resistència ES, EI i CC al 65% d'1RM, provocà igualment HPE de PAS durant el període de recuperació.

A diferència dels nostres resultats, alguns estudis<sup>15,18,23</sup> no observaren HPE significativa després d'ES i/o exercicis de resistència EI. Aquests resultats contradictoris pel que fa a la recuperació de la PA poden estar relacionats amb la massa muscular involucrada en cada exercici. Els nostres subjectes realitzaren 3 sèries de 10 repeticions de 4 exercicis ES, EI i CC, que entrenant la massa muscular foren superiors als dels estudis inconsistents<sup>15,23,24</sup>. Un dels mecanismes fisiològics que podrien explicar la influència de la massa muscular en la PA postexercici de resistència és la reducció de la resistència vascular, causada per l'alliberament de substàncies vasodilatadores endotelials (per exemple, òxid nítric i prostaglandines). Sembla que un augment del flux sanguini és l'estímul de l'alliberament d'aquestes substàncies<sup>5</sup>. Per tant, es pot assumir que una massa muscular major activada durant l'exercici, si totes les altres variables es mantenen constants, augmentaria la necessitat de sang en la regió activa afavorint d'aquesta manera HPE. D'altra banda, els nostres resultats mostren que els exercicis de resistència ES, EI i CC condueixen a l'aparició d'HPE de manera similar en magnitud i durada després de l'exercici de resistència, tot i que hi estigui involucrada una massa muscular diferent. Malgrat que en aquest estudi no es van mesurar les possibles causes de l'HPE, no sembla que la grandària de la massa muscular activada i els metabòlits

produïts a partir de l'activitat cel·lular siguin la causa principal de l'HPE. En conseqüència, se suggereix que la magnitud de la massa muscular involucrada en l'exercici El és suficientment gran com per incidir en la hipotensió post-exercici de resistència.

Els protocols dels exercicis de resistència solen diferir entre els estudis, i aquestes diferències són probablement responsables d'algunes de les variacions que es veuen en els resultats. La intensitat de l'exercici, el nombre de sèries, els intervals de descans i estacions de l'exercici de resistència en aquest estudi difereixen dels estudis inconsistents<sup>15,18,23</sup>. Diversos graus d'estrès metabòlic produïts per aquests diferents protocols poden ser suficients per afectar la recuperació de la PA.

Estudis anteriors sobre humans joves normotensos han mostrat resultats contradictoris pel que fa al comportament de l'FC durant el període postexercici<sup>8,11,18,23</sup>. Vam trobar que l'FC augmenta amb l'exercici i continua essent significativament més alta que els valors de repòs després de l'exercici en tots els assaigs experimentals, independentment de la grandària dels músculs implicats. L'increment d'FC també ha estat reportat per altres estudis<sup>7,8,23</sup>. Igual que Rodríguez et al.<sup>23</sup> que observaren un augment significatiu d'FC durant 60 min després de l'exercici de resistència El, altres estudis<sup>7</sup> informaren d'un augment similar d'FC després de l'exercici de resistència CC que involucra una massa muscular major. Tanmateix, Polito et al.<sup>18</sup> no observaren cap canvi d'FC després de 3 sèries de 12 repeticions màximes d'extensió de genolls unilateralment o bilateralment. Aquesta contradicció possiblement és deguda a l'execució d'un reduït nombre d'exercicis i sèries. En conjunt, no sembla que la grandària de la massa muscular actuada i els metabòlits produïts a partir de l'activitat cel·lular siguin la causa principal de l'increment de l'FC. Per tant, l'augment d'FC després de l'exercici de resistència pot ser mitjançada per un augment de la modulació simpàtica del cor i una disminució de la parasimpàtica<sup>8</sup>. Aquestes respostes autònomes podrien ser mitjançades pel control baroreflex evocat per la disminució de la PA<sup>16</sup> observada després de l'exercici.

El concepte que el producte de PAS i FC (és a dir, el DP) correlaciona bé amb el consum d'oxigen del miocardi en pacients joves sans i cardíacs ha estat ben establert<sup>19,25</sup>. Hem demostrat que el DP augmenta després de les proves d'entrenament i retorn al nivell preentrenament 15 min després d'El i 30 min després d'ES i CC. En aquest context, s'ha suggerit que l'FC és el factor més important per determinar el DP<sup>17</sup>, tal com han confirmat els nostres resultats que han trobat consistència entre els canvis en el DP i l'FC en qualsevol període després de l'exercici.

Els resultats de la resposta LACs suggereixen un mateix estrès metabòlic en l'exercici de resistència en ES, El i CC. Una correlació significativa entre LACs després de l'exercici de resistència i disminució de la PA durant la recuperació postexercici ha estat observada per Crisafulli et al.<sup>26</sup> i Moreno et al.<sup>27</sup>. Per tant, l'estrès metabòlic de l'exercici de resistència (és a dir, lactat sanguini) pot tenir una relació amb la reducció de la PA. L'àcid làctic es dissocia en ions H<sup>+</sup>, i aquests ions poden activar els canals d'ATP K<sup>+</sup> sensibles (KATP) presents en el múscul llis vascular. L'activació d'aquests canals pot donar lloc a la hiperpolarització del

múscul llis i, en conseqüència, a la relaxació vascular i a una disminució de la PA<sup>26,27</sup>.

En conclusió, hem demostrat que l'exercici de resistència ES, El i CC provoca HPE de la PAS, cap canvi de la PA, increment de la FC i del DP en individus joves i sans. La PAS disminueix després d'exercicis de resistència ES, El i CC que han durat almenys 60 min, independentment de la massa muscular involucrada. Sembla que la magnitud de la massa muscular que està involucrada en l'exercici ES és el suficientment gran per incidir en la hipotensió en l'exercici post-resistència. Tanmateix, ja que l'exercici de resistència permet una gran manipulació de volum i intensitat, cal que es consideri en recerques futures la possible interacció entre el nombre de sèries i repeticions, el nombre i tipus d'exercicis, la càrrega de treball i els intervals de recuperació per produir HPE.

Suggerim que aquests tipus d'exercici com a tractament no farmacològic poden ser útils en el control de la hipertensió. També suggerim que l'exercici de resistència ES i El pot ser útil per a persones que tinguin dificultats en els exercicis de les extremitats superiors i inferiors, com els discapacitats o els que tenen lesions a la medulla espinal o el peu diabètic, a més de contribuir a la salut dels que tenen una PAS elevada.

## Conflicte d'interessos

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

## Bibliografia

1. Pescatello LS, Franklin BA, Fagard R, Farquhar WB, Kelley GA, Ray CA, et al. American College of Sports Medicine position stand. Exercise and hypertension. *Med Sci Sports Exerc.* 2004; 36:533-53.
2. Gomes Anuniação P, Doederlein Polito M. A review on post-exercise hypotension in hypertensive individuals. *Arq Bras Cardiol.* 2011;96:e100-9.
3. MacDonald JR. Potential causes, mechanisms, and implications of post exercise hypotension. *J Hum Hypertens.* 2002;16:225-36.
4. Moraes M, Bacurau R, Simões H, Campbell C, Pudo M, Wasinski F, et al. Effect of 12 weeks of resistance exercise on post-exercise hypotension in stage 1 hypertensive individuals. *J Hum Hypertens.* 2012;26:533-9.
5. Halliwill JR. Mechanisms and clinical implications of post-exercise hypotension in humans. *Exerc Sport Sci Rev.* 2001;29:65-70.
6. O'Connor PJ, Bryant CX, Veltri JP, Gebhardt SM. State anxiety and ambulatory blood pressure following resistance exercise in females. *Med Sci Sports Exerc.* 1993;25:516-21.
7. Mohebbi H, Rahmani-Nia F, Vatani DS, Faraji H. Post-exercise responses in blood pressure, heart rate and rate pressure product in endurance and resistance exercise. *Med Sport.* 2010; 63:209-19.
8. Rezk C, Marrache R, Tinucci T, Mion D Jr, Forjaz C. Post-resistance exercise hypotension, hemodynamics, and heart rate variability: Influence of exercise intensity. *Eur J Appl Physiol.* 2006;98:105-12.
9. Simões GC, Moreira SR, Kushnick MR, Simões HG, Campbell CS. Post-resistance exercise blood pressure reduction is influenced by exercise intensity in type-2 diabetic and nondiabetic individuals. *J Strength Cond Res.* 2010;24:1277-84.

10. Teixeira L, Ritti-Dias RM, Tinucci T, Júnior DM, de Moraes Forjaz CL. Post-concurrent exercise hemodynamics and cardiac autonomic modulation. *Eur J Appl Physiol*. 2011;111:2069-78.
11. Roltsch MH, Mendez T, Wilund KR, Hagberg JM. Acute resistive exercise does not affect ambulatory blood pressure in young men and women. *Med Sci Sports Exerc*. 2001;33:881-6.
12. Veloso U, Monteiro W, Farinatti P. Do continuous and intermittent exercises sets induce similar cardiovascular responses in the elderly women? *Rev Bras Med Esporte*. 2003;9:85-90.
13. Simão R, Fleck SJ, Polito M, Monteiro W, Farinatti P. Effects of resistance training intensity, volume, and session format on the post-exercise hypotensive response. *J Strength Cond Res*. 2005;19:853-8.
14. Dias I, Simão R, Novaes J. The resistive exercises influence in different muscular groupments on blood pressure. *Fit Perf J*. 2007;6:71-5.
15. Polito MD, Farinatti PT. The effects of muscle mass and number of sets during resistance exercise on post-exercise hypotension. *J Strength Cond Res*. 2009;23:2351-7.
16. Halliwill JR, Taylor JA, Eckberg DL. Impaired sympathetic vascular regulation in humans after acute dynamic exercise. *J Physiol*. 1996;495 Pt 1:279-88.
17. Mayo JJ, Kravitz L. A review of the acute cardiovascular responses to resistance exercise of healthy young and older adults. *J Strength Cond Res*. 1999;13:90-6.
18. Polito MD, Rosa CC, Schardong P. Acute cardiovascular responses on knee extension at different performance modes. *Rev Bras Med Esporte*. 2004;10:173-6.
19. Detry JM, Piette F, Brasseur LA. Hemodynamic determinants of exercise ST-segment depression in coronary patients. *Circulation*. 1970;42:593-9.
20. Kitamura K, Jorgensen CR, Gobel FL, Taylor HL, Wang Y. Hemodynamic correlates of myocardial oxygen consumption during upright exercise. *J Appl Physiol*. 1972;32:516-22.
21. Brzycki M. Strength testing—predicting a one-rep max from reps-to-fatigue. *J Phys Educ Recreation Dance*. 1993;64:88-90.
22. MacDonald JR, MacDougall JD, Interisano SA, Smith KM, McCartney N, Moroz JS, et al. Hypotension following mild bouts of resistance exercise and submaximal dynamic exercise. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 1999;79:148-54.
23. Rodriguez D, Polito MD, Bacurau RF, Prestes J, Pontes F. Effect of different resistance exercise methods on post-exercise blood pressure. *Int J Exerc Sci*. 2008;1:153-62.
24. Polito MD, Simão R, Senna GW, Farinatti PdT.V. Hypotensive effects of resistance exercises performed at different intensities and same work volumes. *Rev Bras Med Esporte*. 2003;9:74-7.
25. Hui SC, Jackson AS, Wier LT. Development of normative values for resting and exercise rate pressure product. *Med Sci Sports Exerc*. 2000;32:1520-7.
26. Crisafulli A, Tocco F, Pittau G, Lorrain L, Porru C, Salis E, et al. Effect of differences in post-exercise lactate accumulation in athletes' haemodynamics. *Appl Physiol Nutr Metab*. 2006;31:423-31.
27. Moreno MR, Cunha GA, Braga PL, Lizardo JHF, Campbell CSG, Denadai MLDR, et al. Effects of exercise intensity and creatine loading on post-resistance exercise hypotension. *Braz J Kinesiology Hum Perform*. 2009;11:373.