

Respostas Cardiovasculares ao Exercício Resistido são Afetadas pela Carga e Intervalos entre Séries

Cardiovascular Responses to Resistance Exercise are Affected by Workload and Intervals between Sets

Antonio Gil Castinheiras-Neto¹, Irineu Rodrigues da Costa-Filho¹, Paulo Tarso Veras Farinatti^{1,2}

Programa de Pós-Graduação em Ciências da Atividade Física - Universidade Salgado de Oliveira¹, Niterói, RJ; Instituto de Educação Física e Desportos - Laboratório de Atividade Física e Promoção da Saúde - Universidade do Estado do Rio de Janeiro², Rio de Janeiro, RJ - Brasil

Resumo

Fundamento: O controle das respostas cardiovasculares durante exercício resistido (ER) é importante para a segurança do paciente.

Objetivo: Investigar a influência do número de repetições máximas (RM) e dos intervalos de recuperação entre séries (IR) sobre a frequência cardíaca (FC), pressão arterial sistólica (PAS) e duplo produto (DP) durante ER.

Métodos: Vinte sujeitos saudáveis (26 ± 5 anos) realizaram protocolos de ER envolvendo três séries do leg press (6 e 12 RM) e IR proporcional ao tempo de contração (1:3 e 1:5). Aferiu-se a FC continuamente com cardiofrequencímetro e a PAS foi verificada ao final das séries, por meio de protocolo validado com método auscultatório.

Resultados: A FC sofreu influência da carga ($p = 0,008$) e das séries ($p < 0,001$), mas não do IR ($p = 0,087$). A PAS sofreu efeito isolado do número de séries ($p < 0,001$) e do IR ($p = 0,017$), mas não da carga ($p = 0,95$). O DP elevou-se em relação direta com a carga ($p = 0,036$) e com as séries ($p < 0,001$), mas inversamente ao IR ($p = 0,006$). Nos protocolos de 6 RM, a variação da FC foi maior para IR = 1:3 ($\Delta = 11,2 \pm 1,1$ bpm) do que para IR = 1:5 ($\Delta = 4,5 \pm 0,2$ bpm; $p = 0,002$), mas não houve diferença para 12 RM (Δ 1:3 = $21,1 \pm 2,2$ bpm; Δ 1:5 = $18,9 \pm 2,0$ bpm, $p = 0,83$). O IR influenciou a variação da PAS em todas as cargas (6 RM - Δ 1:3 = $10,6 \pm 0,9$ mmHg, Δ 1:5 = $6,6 \pm 0,7$ mmHg; $p = 0,02$ e 12 RM - Δ 1:3 = $15,2 \pm 1,1$ mmHg, Δ 1:5 = $8,4 \pm 0,7$ mmHg; $p = 0,04$). O DP elevou-se proporcionalmente à carga ($p = 0,036$) e para séries ($p < 0,001$), mas inversamente ao IR ($p = 0,006$). Com IR = 1:3, houve diferença de DP para 6 RM ($\Delta = 2.892 \pm 189$ mmHg.bpm) e 12 RM ($\Delta = 4.587 \pm 300$ mmHg.bpm; $p = 0,018$), mas não com IR = 1:5 (6 RM: $\Delta = 1.224 \pm 141$ mmHg.bpm, 12 RM: $\Delta = 2.332 \pm 194$ mmHg.bpm; $p = 0,58$).

Conclusão: Independentemente da carga, um maior IR associou-se a menores respostas cardiovasculares durante ER, especialmente de PAS. (Arq Bras Cardiol 2010; 95(4): 493-501)

Palavras-chave: Exercício, treinamento de resistência; frequência cardíaca, pressão arterial.

Abstract

Background: The control of cardiovascular responses during resistance exercise (RE) is important for patient safety.

Objective: To investigate the influence of repetition maximum (RM) and rest interval between sets (RI) on heart rate (HR), systolic blood pressure (SBP) and rate-pressure product (RPP) during RE.

Methods: Twenty healthy subjects (26 ± 5 years of age) underwent RE protocols involving three sets of leg press (6 and 12 RM) and RI proportional to the contraction time (1:3 and 1:5). The HR was checked on a continuous basis by using a cardiometer and the SBP was checked at the end of the sets, via a protocol validated by the auscultatory method.

Results: The HR was influenced by the workload ($p = 0.008$) and sets ($p < 0.001$), but not by the RI ($p = 0.087$). The SBP suffered from the isolated effect of the number of sets ($p < 0.001$) and RI ($p = 0.017$), but not from the workload ($p = 0.95$). The RPP rose in direct proportion to the workload ($p = 0.036$) and sets ($p < 0.001$), but in inverse proportion to the RI ($p = 0.006$). In 6 RM protocols, the variation in the HR was higher for RI = 1:3 ($\Delta = 11.2 \pm 1.1$ bpm) than for RI = 1:5 ($\Delta = 4.5 \pm 0.2$ bpm; $p = 0.002$), but there was no difference for 12 RM (Δ 1:3 = 21.1 ± 2.2 bpm; Δ 1:5 = 18.9 ± 2.0 bpm, $p = 0.83$). The RI influenced the variation in SBP in all loads (6 RM - Δ 1:3 = 10.6 ± 0.9 mmHg, Δ 1:5 = 6.6 ± 0.7 mmHg; $p = 0.02$ and 12 RM - Δ 1:3 = 15.2 ± 1.1 mmHg, Δ 1:5 = 8.4 ± 0.7 mmHg; $p = 0.04$). The RPP rose in proportion to the workload ($p = 0.036$) and to the sets ($p < 0.001$), but in inverse proportion to the RI ($p = 0.006$). With RI = 1:3, there was difference in RPP for 6 RM ($\Delta = 2,892 \pm 189$ mmHg.bpm) and 12 RM ($\Delta = 4,587 \pm 300$ mmHg.bpm; $p = 0.018$), but not with RI = 1:5 (6 RM: $\Delta = 1,224 \pm 141$ mmHg.bpm, 12 RM: $\Delta = 2,332 \pm 194$ mmHg.bpm; $p = 0.58$).

Conclusion: Regardless of the workload, an increased RI was associated with lower cardiovascular responses during RE, especially of SBP. (Arq Bras Cardiol 2010; 95(4): 493-501)

Key words: Exercise; resistance training; heart rate; blood pressure.

Full texts in English - <http://www.arquivosonline.com.br>

Correspondência: Paulo T. V. Farinatti •

Universidade Salgado de Oliveira - Rua Marechal Deodoro 211, Bloco C, 1º andar - 24030-060 - Centro - Niterói, RJ - Brasil

E-mail: pfarinatti@gmail.com

Artigo recebido em 01/08/09; revisado recebido em 17/03/10; aceito em 11/05/10.

Introdução

O treinamento resistido acarreta elevação importante da frequência cardíaca (FC) e pressão arterial (PA)^{1,2}. A manipulação de variáveis do treinamento pode controlar essas respostas, modificando a sobrecarga cardiovascular durante os exercícios^{2,3}. Estudos prévios investigaram a influência de diversas variáveis, como a velocidade de movimento⁴, o número de séries⁵, a intensidade e o número de repetições^{2,6}, a massa muscular envolvida^{2,7}, os tipos de exercício¹ ou o estado de treinamento⁸.

No entanto, são escassas as informações sobre a influência do intervalo de recuperação entre séries e exercícios. Apenas um estudo investigou especificamente a influência de tal variável sobre os valores de FC e PA⁹, identificando maior resposta pressórica em sessões com intervalos mais curtos. Ratames e cols.¹⁰ não mediram especificamente a PA, mas não identificaram diferenças significativas nas respostas de FC a exercício feito com diferentes intervalos de recuperação. Todavia, o aumento progressivo da pulsação ao longo das séries foi mais evidente para intervalos mais curtos.

Vale ressaltar que esses estudos^{9,10} aplicaram intervalos de recuperação fixos. Assim, não consideraram o efeito cumulativo da fadiga muscular no decorrer das séries. Na prática, percebe-se que diferentes exercícios necessitam de tempo de execução variável, seja pela complexidade ou pela amplitude requerida do movimento. Pode-se cogitar, por exemplo, que, se o intervalo de recuperação fosse proporcional ao tempo de execução do exercício, ocorreria uma menor razão do decréscimo da carga em virtude de menor fadiga acumulada.

Estratégias de recuperação com tempo fixo podem não permitir plena recuperação em séries consecutivas, o que pode potencializar o aumento de PA e FC^{5,9,11}. Fixar o intervalo de recuperação com base no tempo de execução do exercício (ou tempo de tensão) pode ser mais adequado, dependendo da sobrecarga com que se trabalha. Infelizmente, não foi possível localizar estudos que tenham confirmado essa hipótese, o que seria especialmente importante no âmbito de programas de treinamento para pacientes com risco de intercorrência cardiovascular.

Desse modo, o presente estudo investigou a influência de dois intervalos de recuperação, estabelecidos com base no tempo de tensão, em séries múltiplas de exercício resistido, realizado com diferentes repetições máximas, por indivíduos normotensos, sobre as respostas agudas de FC e PA sistólica (PAS) e, conseqüentemente, do duplo-produto (DP).

Métodos

Amostragem

Vinte voluntários (26 ± 5 anos; $70,9 \pm 8,1$ kg; $173,9 \pm 7,0$ cm), com experiência prévia de 6-12 meses em treinamento resistido, participaram do estudo.

Os seguintes critérios de exclusão foram observados: a) utilização de drogas que pudessem influenciar as respostas cardiovasculares no repouso ou exercício; b) limitações osteomioarticulares que contraindicassem a realização dos

exercícios; c) diagnóstico de hipertensão, doença cardíaca ou outro comprometimento cardiovascular que contraindicasse a realização dos exercícios ou influenciasse nos resultados.

O estudo foi aprovado por comitê de ética institucional e todos os participantes assinaram termo de consentimento livre e esclarecido, conforme recomendado pelo Conselho Nacional de Saúde (Resolução 196/96).

Determinação das cargas - 6 e 12 repetições máximas (RM)

Foram necessárias 4 visitas para a realização dos testes que estabeleceram as cargas associadas à execução de 6 RM e 12 RM no *leg press*, bem como verificar a confiabilidade dos resultados aferidos. A escolha do *leg press* horizontal foi motivada pelo fato de envolver grandes grupos musculares e, portanto, sugerir maior impacto sobre os valores de pressão arterial. Além disso, trata-se de um exercício de fácil execução, frequentemente incluído nas rotinas de prescrição de exercícios para pacientes com doença cardiovascular.

Antes da realização dos testes de RM, foi realizado aquecimento específico, que consistiu na execução de 12 repetições com carga equivalente a 30% da carga máxima predita. Em cada dia, os sujeitos tiveram até 5 tentativas para concluir com êxito os testes, com intervalo de 5 min entre cada tentativa.

Os testes de 6 RM e 12 RM foram realizados em dias diferentes, espaçados por pelo menos 48 h. Estímulos verbais foram fornecidos para manter elevado o nível de estimulação durante os exercícios. Os pesos utilizados foram previamente aferidos em balança de precisão. Caso não fosse possível estabelecer a carga associada às 6 RM ou 12 RM até a 5ª tentativa, uma nova data era marcada, respeitando-se igualmente um intervalo de pelo menos 48 h. A reprodutibilidade dos testes de RM foi testada pelo coeficiente de correlação intraclassa, revelando-se satisfatória (ICC 6 RM = 0,89; $p < 0,01$ e ICC 12 RM = 0,85; $p < 0,01$).

Protocolo experimental

Uma vez determinadas as cargas de 6 RM e 12 RM, os sujeitos realizaram 4 protocolos aleatórios de exercícios, em ordem definida de forma contrabalanceada. Cada sessão teve lugar em dia específico, perfazendo-se um total de mais 4 visitas ao laboratório, espaçadas por intervalos de 48 horas. Todos os sujeitos executaram os seguintes procedimentos: a) três séries de 6 RM com intervalo de 1:3; b) três séries de 6 RM com intervalo de 1:5; c) três séries de 12 RM com intervalo de 1:3; e d) três séries de 12 RM com intervalo de 1:5.

Os sujeitos foram instruídos a respeitar as seguintes recomendações antes das sessões de exercícios: a) não praticar qualquer tipo de atividade física nas 48 h precedentes; b) abstinência de bebidas alcoólicas, com cafeína ou estimulantes por 24 h; e c) realizar o mínimo de esforço no deslocamento até o laboratório.

Antes da execução dos protocolos, os sujeitos permaneciam 10 min sentados, em ambiente calmo e silencioso. A FC e a PA em repouso eram então aferidas, registrando-se a média dos últimos dois minutos para a FC, e a média de duas medidas realizadas no mesmo período para a PA. Em seguida, era feito

um aquecimento de 12 repetições com 30% da carga prevista para a sessão. Após o aquecimento, os sujeitos descansavam por 5 minutos e iniciavam o exercício.

A aferição das variáveis cardiovasculares foi feita nas condições de repouso e em exercício, com auxílio dos mesmos equipamentos, conforme descrito a seguir:

a) *Repouso* - os indivíduos permaneceram sentados por 10 minutos. A FC foi medida continuamente, sendo registrada a média dos últimos dois minutos, com uso de um cardiofrequencímetro *Polar® S810* (Kempele, Finlândia). A PAS e a pressão arterial diastólica (PAD) foram aferidas duas vezes, entre o 8º e 10º minuto, pelo método indireto auscultatório, com auxílio de um manômetro tipo coluna de mercúrio *Heidji®* (São Paulo, Brasil). O padrão de medida seguiu as recomendações das V Diretrizes Brasileiras de Hipertensão Arterial¹², sendo realizada sempre pelo mesmo avaliador, tanto em repouso quanto em exercício. A PA foi aferida em ambos os braços, sendo considerada a maior medida em caso de diferença.

b) *Exercício* - A FC foi medida continuamente, sendo registrado o maior valor apresentado ao final das séries. Para medida da PA, respeitaram-se recomendações previamente validadas para aferição durante exercícios resistidos^{13,14}, conforme detalhado no Quadro 1.

Em linhas gerais, a abertura da válvula ocorria antes do término da série, de forma a registrar-se o valor sistólico entre a penúltima e a última repetição. Uma aferição piloto era feita para determinar o valor de pico da PAS, a fim de que se elevasse a pressão do manguito a um valor aproximado de 30 mmHg maior antes da abertura da válvula. O esvaziamento do manguito deu-se a uma taxa aproximada de 6 mmHg/s. Os sujeitos foram orientados a não contrair os braços, mantendo o braço esquerdo utilizado para a medida na posição de supinação, com cotovelo levemente flexionado e apoiado em suporte próprio. As medidas foram feitas sempre pelo mesmo avaliador treinado, que não tinha conhecimento dos objetivos do presente estudo.

Para a determinação da confiabilidade da medida da PA em repouso, foram feitas duas aferições da PA, com intervalo de 10 minutos, em 20 sujeitos (ICC = 0,93 para PAS intra-avaliador; ICC = 0,86 para PAS inter-avaliador). A confiabilidade da medida durante o exercício foi testada em duas sessões separadas por 48 h, nos mesmos 20 sujeitos (ICC = 0,84 e p = 0,03 para PAS intra-avaliador; ICC = 0,82 e p = 0,022 para PAS inter-avaliador).

Em estudo prévio de validação¹⁴, constatou-se uma elevada correlação entre as medidas tomadas por auscultação e fotopletimografia, tanto no repouso quanto em diferentes

Quadro 1 - Procedimentos utilizados para a aferição da pressão arterial durante o exercício resistido pelo método auscultatório (adaptado de Polito e colegas¹³)

Passo 1	Ajuste do manguito	Antes de iniciar a avaliação, verificar a altura do posicionamento da coluna de mercúrio (deve posicionar-se na altura dos olhos do avaliador); A sala de avaliação deve ter boa luminosidade e baixo ruído; Certificar-se de que o manguito esteja completamente vazio; O braço deve estar apoiado em suporte próprio (estável) e em altura adequada (ao nível do coração); O cotovelo deve estar levemente flexionado e a mão em supinação; A braçadeira de velcro é a que apresenta melhor fixação sob o ponto de vista de ajuste ao braço (evita-se compressão excessiva ou frouxidão); Deve-se fixar a braçadeira 2,5 cm acima da fossa antecubital, de modo que o fulcro do manguito esteja centralizado sobre a artéria braquial; A campânula do estetoscópio deve ser colocada sobre a artéria braquial. O manguito não deve encobri-lo; O tamanho do manguito deve ser adaptado ao sujeito avaliado.
Passo 2	Durante o exercício	Exercícios com elevada movimentação podem comprometer a precisão da medida; Exercícios que solicitem ambos os braços devem ser desencorajados para a aferição; O braço no qual ocorrerá a medida não deverá se contrair durante todo o exercício; É necessário estipular o número de repetições e o período de tensão em cada repetição, para que o avaliador prepare-se para o momento exato de insuflar e desinflar o manguito; A coluna de mercúrio deve estar na altura dos olhos do avaliador, podendo ser suspensa em superfície plana e estável (p. ex.: cadeira, mesa etc.).
	Medida da pressão arterial	Exercícios que solicitem grande massa muscular (como o <i>leg press</i>) ou que sejam realizados com elevado número de repetições (superior a 15) podem induzir valores pressóricos acima de 200 mmHg; É indicado, nesses casos, realizar medida piloto para determinar o valor de pico da PAS. Durante a medida, aconselha-se inflar o manguito até um valor cerca de 30 mmHg superior ao previamente determinado;
Passo 3	Registro do valor sistólico	Em exercícios com até 6 repetições, com tempo de tensão de 2s para as fases 'concêntrica' e 'exoêntrica', a abertura da válvula deve ocorrer a partir da antepenúltima repetição; A determinação do valor sistólico deve ocorrer entre 4 e 6 s após a abertura da válvula. O registro do valor sistólico deve coincidir com o término do exercício; A razão de descenso da pressão do manguito, em usuários de drogas anti-hipertensivas, deve ser adaptada, pelo fato de tais pacientes apresentarem alterações na duração do ciclo cardíaco; Em caso de suspeita de erro na aferição, o manguito deverá ser totalmente esvaziado antes de uma nova medida. O avaliado deve recuperar-se adequadamente para um novo esforço; Para confirmação do valor obtido para PAS, é aconselhável aferir o pulso radial durante a medida; Não se devem arredondar os valores pressóricos (p. ex.: em 5 ou 10 mmHg)
	Registro do valor diastólico	Ao menor ruído de Korotkoff (4º ou 5º) auscultado de forma segura, consideram-se os valores da PAD; Recomenda-se controlar o nível de ruído na sala de aferição (p. ex.: música, marcha em esteira, conversas etc.); Recomenda-se testar a confiabilidade dos valores de PAS e PAD (p. ex.: coeficiente de correlação intraclass ou erro padrão da estimativa).

repetições máximas para exercício de membros inferiores ($p < 0,05$) (repouso: $r = 0,89$; 6 RM: $r = 0,85$; 15 RM: $r = 0,88$). Além disso, o percentual de concordância na classificação em tercís das medidas em todas as situações ficou sempre acima de 60%, chegando a 75% para a PAS durante o exercício. A associação não paramétrica entre os métodos, considerando os níveis de classificação por tercís no repouso, 6 RM e 12 RM, também produziu elevados coeficientes de correlação de Gamma e Kruskal ($\gamma = 0,77 - 0,97$, $p < 0,05$).

Determinação dos intervalos de recuperação entre séries

A duração dos intervalos de recuperação entre séries levou em consideração a duração destas últimas. A execução do exercício era cronometrada e o resultado multiplicado por três ou 5, para a determinação de um intervalo que respeitasse, respectivamente, proporções de 1:3 ou 1:5, entre tempo de execução e tempo de recuperação. Para a obtenção do tempo de execução das séries, foi utilizado cronômetro digital com função progressiva. O cronômetro foi acionado no momento em que havia deslocamento da plataforma de apoio dos pés e era interrompido quando esta tocava em sua base ao final da série.

O cronômetro permitia reiniciar a medida de forma simples, com o mesmo botão de sua interrupção, o que permitiu que se estipulassem intervalos precisos. Para facilitar a visualização do período de recuperação (1:3 ou 1:5) e minimizar a chance de erro no cálculo do intervalo, foi utilizada tabela de conversão previamente elaborada.

Tratamento dos resultados

O teste de Shapiro-Wilk foi utilizado para verificar a normalidade dos dados e o teste de Levene para confirmação da homogeneidade de variâncias. A estabilidade dos valores de FC e PAS aferidos durante o repouso, em cada uma das sessões, foi testada com auxílio de ANOVA de uma entrada. A influência isolada e combinada dos fatores observados (RM, séries e intervalos) sobre DP, FC e PAS foi testada com ANOVA de três entradas, seguida de testes *post hoc* de Fisher, adotando-se como limiar de significância um valor de $p \leq 0,05$. O software Statistica 6.0 (Statsoft®, Tulsa, EUA) foi utilizado em todos os cálculos.

Resultados

Não houve diferença significativa entre os valores de FC e PAS de repouso aferidos em cada uma das sessões de exercícios ($F = 2,02$; $p = 0,78$). Para fins de análise, portanto, foram adotados os menores valores obtidos para essas variáveis nos períodos de repouso pré-exercício. Os valores de FC e PAS durante as séries revelaram-se sempre significativamente superiores às medidas tomadas durante o repouso ($F = 1,41$ a $2,56$; $p = 0,027$ a $p = 0,039$).

Vale ressaltar ainda que o dobro do número de repetições máximas (6 RM e 12 RM) não esteve relacionado com a mesma proporção de variação na carga absoluta de trabalho (peso em kg). A razão entre as cargas de 6 e 12 RM foi de apenas 12%, ou, em termos absolutos, $7,5 \pm 0,8$ kg.

O impacto das variáveis manipuladas foi diverso sobre FC

e a PAS. Assim, a FC sofreu influência significativa do efeito isolado do número de repetições máximas ($F = 7,33$; $p = 0,008$) e do número de séries ($F = 77,65$; $p < 0,001$), mas não do intervalo de recuperação ($F = 3,00$; $p = 0,087$). O efeito combinado das séries com os intervalos, contudo, revelou-se significativo ($F = 4,87$; $p = 0,02$). Quanto à PAS, o efeito isolado estatisticamente mais forte residiu no número de séries ($F = 63,33$; $p < 0,001$), seguido do intervalo de recuperação ($F = 5,97$; $p = 0,017$). A variável intensidade não teve efeito independente significativo ($F = 0,042$; $p = 0,95$).

As Figuras 1 e 2 apresentam os resultados das verificações *post hoc* para FC e PAS. Constata-se que, sistematicamente, a influência do número de séries deu-se no sentido de elevar as respostas cardiovasculares. Por outro lado, o intervalo de recuperação teve influência oposta, chegando a compensar o efeito cumulativo das séries em alguns casos, principalmente no tocante à PAS.

Também foram comparadas as variações absolutas em cada situação, considerando os valores de pico registrados entre a primeira e a terceira séries. No tocante à FC, para os protocolos de 6 RM, a variação nas séries com intervalo de 1:3 foi significativamente maior do que a observada em 1:5 ($\Delta = 11,2 \pm 1,1$ bpm versus $\Delta = 4,5 \pm 0,2$ bpm, respectivamente) ($F = 9,98$; $p = 0,002$). Já na carga de 12 RM, a variação da FC nas séries com intervalo de 1:3 não apresentou diferença significativa em relação ao observado no intervalo 1:5 ($\Delta = 21,1 \pm 2,2$ bpm versus $\Delta = 18,9 \pm 2,0$ bpm, respectivamente) ($F = 0,58$; $p = 0,83$). As variações de PAS entre a 1ª e 3ª séries foram influenciadas pelo intervalo de recuperação, independentemente da carga. Nos protocolos com 6 RM, as variações para os intervalos de 1:3 e 1:5 foram, respectivamente, de $10,6 \pm 0,9$ mmHg e $6,6 \pm 0,7$ mmHg ($F = 6,67$; $p = 0,02$). Para os protocolos de 12 RM, a variação com intervalo 1:3 foi de $15,2 \pm 1,1$ mmHg e com intervalo 1:5 foi de $8,4 \pm 0,7$ mmHg ($F = 5,12$; $p = 0,04$).

Os resultados para a PAS mostraram-se mais sensíveis à manipulação das três variáveis do treinamento, tomadas isolada ou combinadamente. Isso repercutiu sobre o comportamento do DP, numa relação diretamente proporcional ao número de repetições máximas ($F = 4,57$; $p = 0,036$) e ao número de séries ($F = 141,38$; $p < 0,001$), enquanto inversamente proporcional ao intervalo entre as séries ($F = 5,38$; $p = 0,006$).

A Figura 3 apresenta os resultados para as verificações *post hoc* referentes ao DP.

A variação entre a primeira e a terceira séries realizadas com intervalo de 1:3 foi de 2.892 ± 189 mmHg.bpm para 6 RM e de 4.587 ± 300 mmHg.bpm para 12 RM ($F = 4,17$; $p = 0,018$). Quando se aplicou o intervalo de maior duração (1:5), a variação do DP para a carga de 6 RM foi de 1.224 ± 141 mmHg.bpm, ao passo que para 12 RM obteve-se um delta de 2.332 ± 194 mmHg.bpm ($F = 0,56$; $p = 0,58$).

Discussão

O presente estudo comparou as respostas de FC, PAS e DP, durante séries consecutivas de exercício resistido, realizado com diferentes números de repetições máximas e intervalos de recuperação, estes últimos estabelecidos com base no tempo total de execução de cada série.

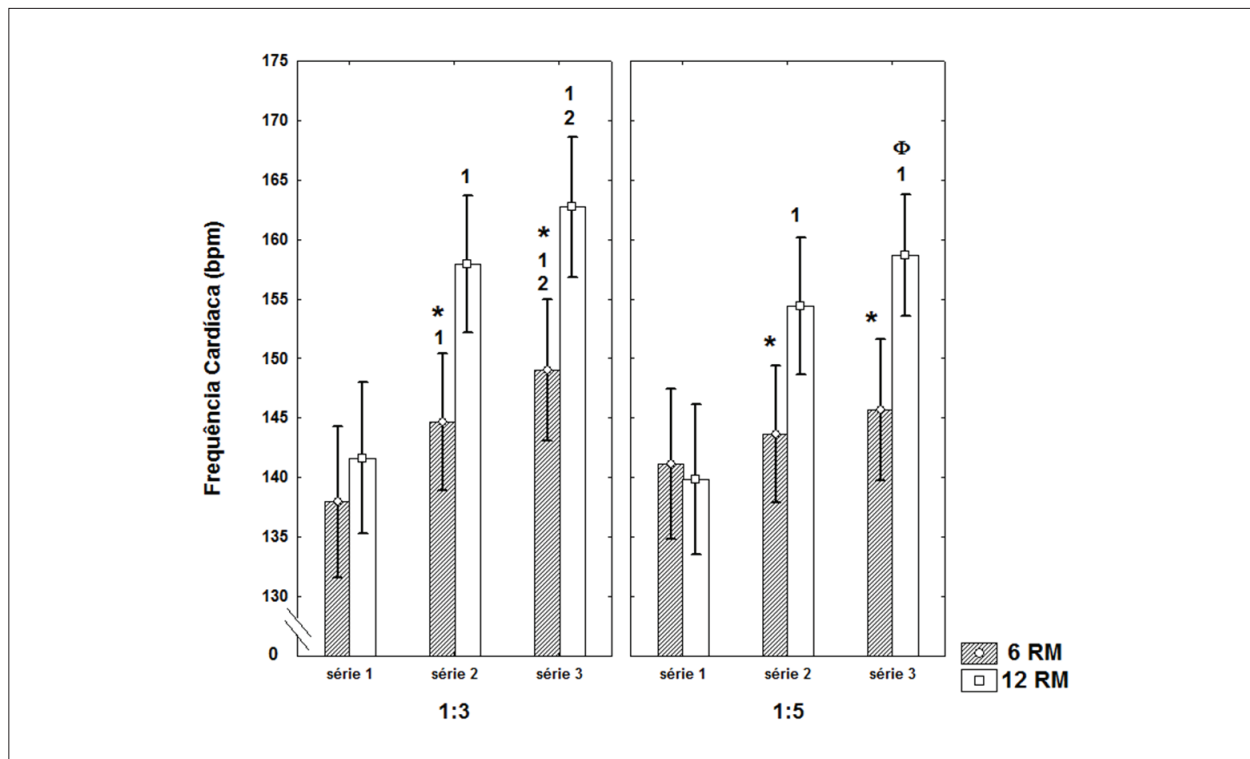


Fig. 1 - Frequência cardíaca para três séries do leg press executado com 6 e 12 RM e diferentes intervalos de recuperação entre séries (1:3 e 1:5). Os algarismos indicam diferença significativa em relação à série indicada ($p < 0,05$), * diferença significativa em relação a 12 RM para uma dada série ($p < 0,05$) e Φ diferença significativa em relação ao intervalo de recuperação para uma dada série ($p < 0,05$). As barras representam intervalos de confiança para 95%.

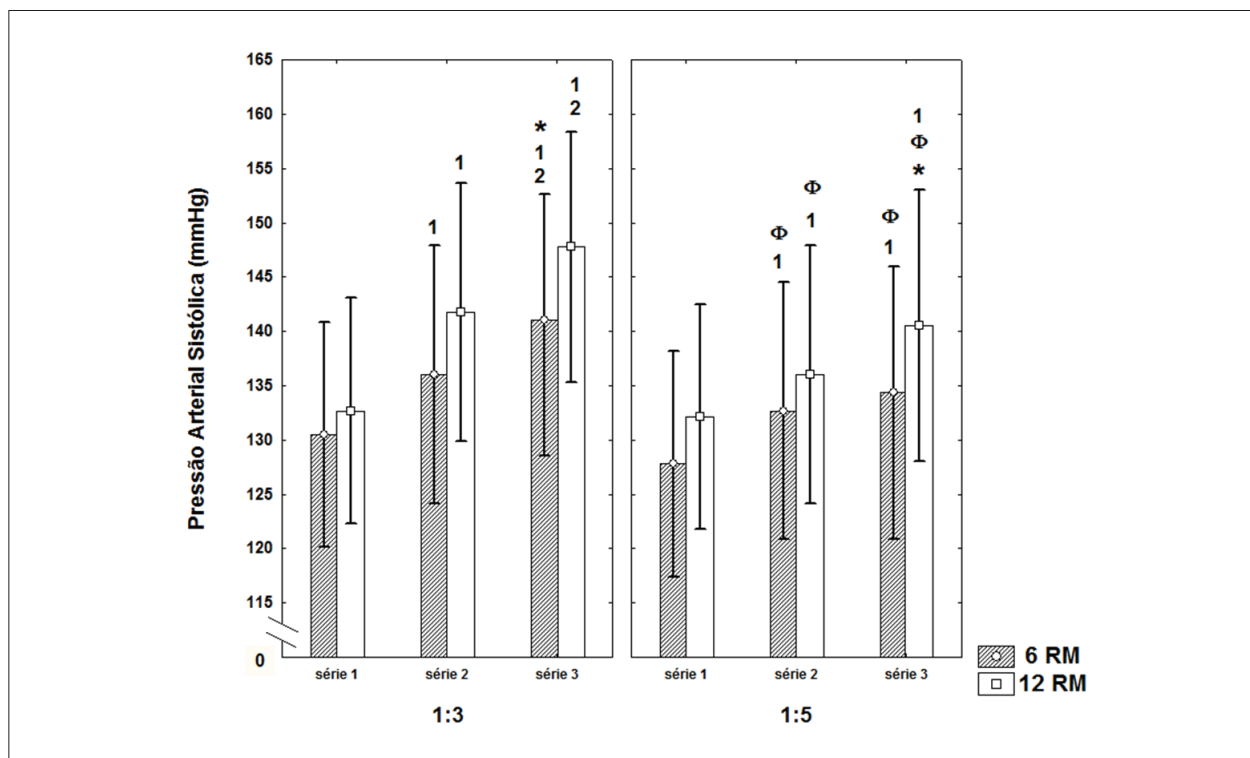


Fig. 2 - Pressão arterial sistólica para três séries do leg press executado com 6 e 12 RM e diferentes intervalos de recuperação entre séries (1:3 e 1:5). Os algarismos indicam diferença significativa em relação à série indicada ($p < 0,05$), * diferença significativa em relação a 12 RM para uma dada série ($p < 0,05$) e Φ diferença significativa em relação ao intervalo de recuperação para uma dada série ($p < 0,05$). As barras representam intervalos de confiança para 95%.

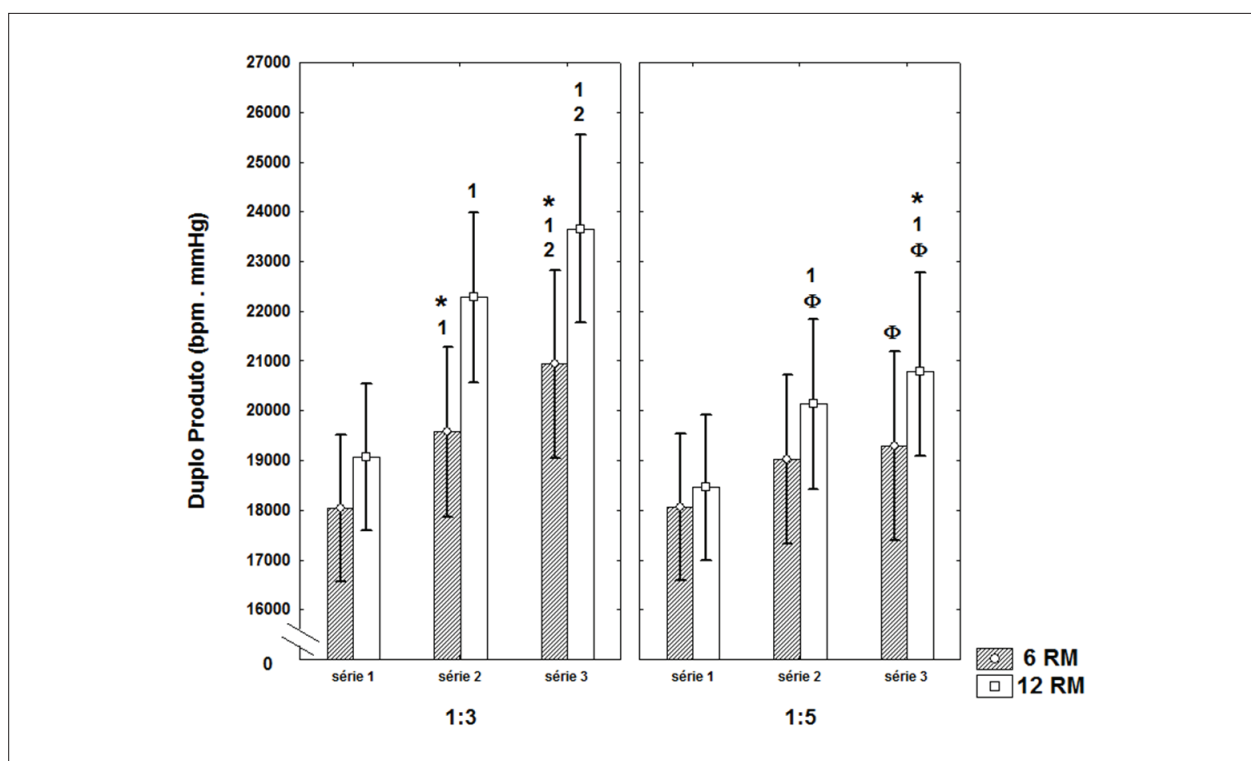


Fig. 3 - Duplo-produto para três séries do leg press executado com 6 e 12 RM e diferentes intervalos de recuperação entre séries (1:3 e 1:5). Os algarismos indicam diferença significativa em relação à série indicada ($p < 0,05$), * diferença significativa em relação a 12 RM para uma dada série ($p < 0,05$) e Φ diferença significativa em relação ao intervalo de recuperação para uma dada série ($p < 0,05$). As barras representam intervalos de confiança para 95%.

Tanto a FC quanto a PAS elevaram-se significativamente no decorrer das séries, independentemente da intensidade e intervalo de recuperação. Entretanto, as respostas cardiovasculares associadas ao leg press horizontal foram minimizadas pela manipulação do tempo de recuperação: quando a proporção foi maior em relação ao tempo de tensão, os valores de FC e, principalmente, de PAS, foram inferiores. O maior intervalo de recuperação também se associou a uma menor elevação da FC e PAS no decorrer das séries, em ambas as intensidades programadas. Assim, o exercício realizado com maior intervalo de recuperação ocasionou menor estresse cardiovascular nas duas intensidades testadas.

É interessante notar que o valor médio para a PAS de pico na última série do estudo de Gotshall e cols.⁵, mensurada por fotoplestimografia, foi de 293 ± 21 mmHg, bem superior ao valor registrado na última série do presente estudo (181 ± 16 mmHg para o protocolo de 12 RM com intervalo progressivo na proporção 1:3). Essa diferença pode ser atribuída ao tempo de tensão em cada série (um minuto no estudo de Gotshall e cols.⁵ versus 24 segundos no presente estudo), mas também, e talvez principalmente, à medida da PA. Como se sabe, apesar de satisfatório para comparação entre diferentes protocolos de exercícios de força, o método auscultatório realizado em membro inativo pode subestimar os valores pressóricos absolutos^{14,15}. Em outras palavras, o método auscultatório é extremamente útil em situações práticas, tendo se revelado válido e reproduzível para indicar diferenças das respostas de PA a exercícios resistidos. Com isso, consiste em estratégia útil para a elaboração de sessões de treinamento com

menor sobrecarga cardiovascular. Por outro lado, o método auscultatório não deveria ser utilizado para o estabelecimento preciso dos valores pressóricos durante o exercício de força.

Os estudos que se aprofundaram na observação da influência do intervalo de recuperação entre séries e exercícios sobre o comportamento da PA e FC são relativamente escassos. Não foi possível localizar pesquisas que tivessem investigado a questão em uma abordagem similar à presentemente aplicada.

Polito e cols.⁹ submeteram jovens normotensos a 4 séries de 8 RM, separadas por intervalos fixos de um e dois minutos, também observando valores mais elevados de pressão arterial para a sequência com menor intervalo. As respostas cardiovasculares mais pronunciadas a curtos intervalos de recuperação podem associar-se a uma menor recuperação sistêmica do estresse gerado pelo exercício. O acúmulo de metabólitos, com consequente estimulação nervosa via receptores químicos e mecânicos, pode potencializar essas respostas¹⁶.

Nesse sentido, Ratamess e cols.¹⁰ observaram os efeitos de diferentes intervalos fixos de recuperação (30s, um, dois, três e 5 minutos) sobre as respostas cardiovasculares e metabólicas durante a realização de 5 séries em duas intensidades de treinamento (5 RM e 10 RM) no exercício supino reto. Não se constataram diferenças entre os intervalos de recuperação, considerando os valores de FC de pico em ambas as intensidades de treinamento. Entretanto, houve aumento da FC à medida que as séries eram executadas ($p < 0,05$), principalmente para intervalos de recuperação mais curtos. A produção de lactato foi igualmente maior para intervalos

Artigo Original

de recuperação mais curtos, o que é sugestivo da relação entre fadiga acumulada devido à recuperação insuficiente e às respostas cardiovasculares.

Os presentes resultados indicaram que a carga de trabalho também pode influenciar de forma independente as respostas de FC e PAS. Em comparação com o protocolo com carga de 12 RM, as séries feitas com 6 RM apresentaram menor impacto sobre as respostas cardiovasculares para intervalos de recuperação similares. É possível que o tempo de tensão (6 RM = 17 ± 3 s versus 12 RM = 29 ± 5 s) esteja relacionado com esses resultados. Essa possibilidade ratifica os resultados relatados por Lamotte e cols.¹⁷, os quais analisaram o efeito da execução da extensão de joelhos na cadeira, com cargas equivalentes a 40% e 70% de um RM (4 séries com um minuto de intervalo entre séries), sobre as respostas de FC e PA em cardiopatas. A duração média das séries envolvendo intensidade de 40% foi de 34 s (para 17 repetições), contra 20 s da série conduzida com 70% da carga máxima (para 10 repetições). Houve diferença significativa para os valores de pico de PAS, com maior sobrecarga cardíaca para o protocolo de menor intensidade ($p < 0,01$). Verificou-se efeito cumulativo das séries sobre a pressão arterial ($p < 0,01$), o que foi atribuído pelos autores ao curto intervalo de recuperação aplicado.

No presente estudo, também ocorreu um efeito cumulativo das séries sobre as respostas de FC e PAS, com maior elevação a partir da segunda série, principalmente para um menor intervalo esforço-recuperação. De forma similar, Gotshall e cols.⁵ aplicaram três séries de 10 RM no *leg press* bilateral em jovens saudáveis (intervalo de recuperação fixo de três minutos; velocidade de três segundos nas fases concêntrica e excêntrica). Ao término de cada uma das séries, os valores de PAS e PAD revelaram-se sempre significativamente superiores ao observado na série precedente. Outros estudos têm demonstrado que há influência do número de séries sobre as respostas cardiovasculares^{2,17}.

Dois fatores podem estar na origem dos resultados referentes ao efeito cumulativo das séries consecutivas sobre as respostas cardiovasculares. O primeiro decorreria da fadiga acumulada em virtude do menor tempo de recuperação¹⁸. O segundo leva em consideração o tempo de tensão: o exercício dinâmico resistido ocasiona oclusão dos vasos e pode, dependendo de sua intensidade e duração, levar a uma resposta barorreflexa compensatória, o que é mais frequente em exercícios executados até a fadiga^{19,20}.

As respostas hemodinâmicas ao trabalho muscular em exercícios resistidos também podem estar atreladas a um aumento da atividade simpática e à diminuição da atividade parassimpática, pela maior ativação de comando central e mecanorreceptores musculares e articulares¹⁶. O mecanismo central envolve o envio de impulsos do córtex motor para o centro de controle cardiovascular. Já o mecanismo periférico consiste em uma via de reflexo com diversas bases de controle²¹. O aumento da resistência vascular periférica, causado pela oclusão parcial do fluxo sanguíneo, contribui com um desequilíbrio entre oferta e demanda de O_2 no tecido. De fato, a partir de 15% da contração voluntária máxima, verifica-se impedimento progressivo do fluxo sanguíneo muscular²². Com isso, dificulta-se a remoção de

metabólitos (lactato, hidrogênio, fosfato, adenosina, potássio etc), estimulando-se os quimiorreceptores no sentido de aumentar a atividade nervosa simpática¹⁶.

Enfim, o aumento da pressão arterial também poderia sofrer influência do número de unidades motoras solicitadas. Nesse caso, mecanorreceptores musculares e articulares, sensíveis ao aumento da força voluntária (recrutamento de unidades motoras) e à carga sobre as articulações, informam o centro de controle cardiovascular sobre a necessidade de modificar as respostas cardiovasculares para a regulação do fluxo²³.

O aumento da resistência vascular periférica associado à oclusão arterial durante o exercício é outro fator a ser considerado. O *leg press*, além de envolver diversos e grandes grupamentos musculares, também é feito em uma postura que pode dificultar a perfusão de sangue para os músculos ativos, uma vez que as principais artérias que os irrigam têm seu curso modificado pela flexão do quadril²⁴. Esse problema é ainda maior durante o período de transição entre as fases concêntrica e excêntrica. Nesse contexto, a ativação de barorreceptores e quimiorreceptores pode provocar resposta pressórica compensatória, para que se alcance um débito cardíaco satisfatório durante os exercícios.

As respostas cardiovasculares ao exercício resistido, portanto, podem associar-se a uma adaptação central frente à maior resistência periférica. A maior necessidade de perfusão estaria diretamente relacionada à capacidade inotrópica do coração, já que modificações na FC tendem a ocorrer de forma mais lenta do que na PAS²⁵. Aliás, essa sobrecarga pressórica associada ao exercício resistido pode ser benéfica sob o ponto de vista profilático, principalmente para portadores de doenças cardiovasculares crônicas e usuários de medicação anti-hipertensiva²⁶. Alguns estudos têm relatado que coronariopatas, sob tratamento farmacológico, podem realizar exercícios resistidos de intensidade moderada e os resultados dessa prática incluem a melhora da função global do ventrículo esquerdo, especialmente da fração de ejeção^{26,27}.

Quanto à elevação da FC, o tempo de tensão muscular parece exercer importante influência. Hunter e cols.²⁸ compararam as respostas metabólicas e da frequência cardíaca a 10 exercícios feitos com duas velocidades de contração, uma 'tradicional' (2 séries de 8 repetições com 65% de um RM, velocidade de execução de um segundo para a fase concêntrica e excêntrica, um minuto de recuperação) e 'super slow' (2 séries de 8 repetições com 25% de um RM, velocidade de execução de 10 s para a fase concêntrica e 5 s para a fase excêntrica, com mesmo intervalo e número de exercícios). Verificou-se que o protocolo 'tradicional' induziu elevação significativamente superior da FC em comparação com o 'super slow' (143 ± 8 bpm contra 113 ± 12 bpm).

Kleiner e cols.⁴ estudaram a resposta cardiovascular aguda no exercício isocinético em 6 sujeitos que realizaram extensão de joelhos com três velocidades de execução (50, 100 e 200°/s) até a fadiga (70% do pico de torque). Não foram encontradas diferenças significativas entre os valores de FC, PAS, PAD e DP. Contudo, nas velocidades programadas, os valores de FC variaram entre $163,3 \pm 28,4$ bpm (50°/s) e $183,5 \pm 16,8$ bpm (200°/s). Contrariamente, os valores de PAS foram

superiores para uma menor velocidade angular (PAS = 348,2 ± 18,1 mmHg para 50%/s versus PAS = 335,5 ± 27,4 mmHg para 200%/s), com influência sobre o DP (50%/s = 56.861 ± 514 mmHg.bpm; 100%/s = 58.875 ± 479 mmHg.bpm; 200%/s = 61.564 ± 460 mmHg.bpm). Os autores justificam seus resultados pela característica das sessões, tendo o número de repetições variado entre 30 (50%/s), 80 (100%/s) e 140 (200%/s).

Como os protocolos com maior velocidade oferecem menor resistência, e, uma vez tendo produzido quantidade expressivamente maior de repetições, a execução do exercício teria se aproximado do que se encontra em exercícios dinâmicos contínuos de longa duração, com maior repercussão sobre a FC. Por outro lado, a elevação da PAS para menores velocidades estaria relacionada a uma maior produção de força, em comparação com as maiores velocidades angulares.

Extrapolar resultados obtidos em exercícios isocinéticos para dinâmicos do tipo 'isotônico' não é, em geral, prudente. No entanto, não se pode deixar de notar que o efeito do tempo de tensão sobre a FC é ratificado pelos resultados de Kleiner e cols.⁴, bem como fica nítido que os valores da PAS são sensíveis à tensão produzida, com forte influência sobre o DP.

Outro exemplo é encontrado em Kawano e cols.²⁹, que submetem normotensos jovens e de meia-idade a uma série no exercício de *leg press* com três intensidades (40%, 60% e 80% de um RM). Não houve diferença para os valores de FC nas intensidades testadas, em quaisquer dos grupos. No entanto, os jovens apresentaram maiores valores pressóricos de pico do que os sujeitos de meia-idade em todas as intensidades, sendo que de forma significativa apenas para a intensidade de 80% de um RM (jovens = 190 mmHg versus meia-idade = 150 mmHg, $p < 0,05$). A amplitude de variação da PAS em relação ao repouso (Δ) ocorreu de forma significativa para todas as intensidades, sendo maior nos jovens, talvez por exibirem menores valores de repouso de forma geral (40% RM: jovens = 34 mmHg versus meia-idade = 18 mmHg; 60% RM: jovens = 54 mmHg versus meia-idade = 31 mmHg; 80% RM: jovens = 73 mmHg versus meia-idade = 42 mmHg, $p < 0,05$).

Depreende-se desses resultados que a aferição única da FC pode não ser suficiente para avaliar adequadamente a sobrecarga cardiovascular imposta pelo exercício resistido. Estimula-se, portanto, a mensuração da PA quando do delineamento de programas de treinamento da força, sobretudo para sujeitos nos quais manter essas respostas sob controle é desejável (pacientes em reabilitação cardíaca, por exemplo). Para isso, o protocolo de aferição da pressão arterial, durante exercícios resistidos através do método auscultatório, proposto por Polito e Farinatti¹³ e posteriormente validado¹⁴, parece ser uma opção viável e acessível à maior parte dos

centros de treinamento.

Conclusão

Em conclusão, séries múltiplas de exercício resistido para membros inferiores acarretaram elevação significativa e cumulativa das respostas cardiovasculares, especialmente de PA, com impacto sobre o DP. O nível de estresse cardiovascular associado ao exercício não dependeu apenas da carga de trabalho definida em termos de repetições máximas, mas também das demais variáveis do treinamento, principalmente o número de séries. Por outro lado, intervalos de recuperação mais longos entre as séries contribuíram significativamente para a redução das respostas de FC, PA e DP, mantendo-se a carga e volume de treinamento. A proporção entre tempo de estímulo e tempo de recuperação, por si só, acarretou modificações significativas nas respostas cardiovasculares, independentemente do número de repetições máximas executado. Desse modo, o planejamento dos intervalos de recuperação no contexto da elaboração de sessões de treinamento resistido parece ser um aspecto clinicamente importante para o aumento da segurança em sua prática, especialmente em populações com maior risco cardiovascular.

Estudos adicionais devem ser conduzidos, comparando as respostas hemodinâmicas associadas a diferentes estratégias para a relação esforço-recuperação (intervalos fixos, intervalos progressivos, fracionamento de séries, alternância de segmentos etc). Investigações em tal sentido são importantes para estabelecer o método mais efetivo para minimizar a sobrecarga cardiovascular associada a séries múltiplas de exercícios resistidos, ao mesmo tempo em que se mantém elevado o volume de trabalho nas sessões de treinamento.

Agradecimentos

Esse estudo foi parcialmente financiado pelo CNPq (processo 305729/2006-3) e pela FAPERJ (processo E26/102.916/2008).

Potencial Conflito de Interesses

Declaro não haver conflito de interesses pertinentes.

Fontes de Financiamento

O presente estudo foi parcialmente financiado pelo CNPq e pela FAPERJ.

Vinculação Acadêmica

Não há vinculação deste estudo a programas de pós-graduação.

Referências

1. Benn SJ, McCartney N, McKelvie RS. Circulatory responses to weight lifting, walking, and stair climbing in older males. *J Am Geriatr Soc.* 2003; 44 (2): 121-5.
2. MacDougall JD, Tuxen D, Sale DG, Moroz JR, Sutton JR. Arterial blood pressure response to heavy resistance exercise. *J Appl Physiol.* 1985; 58 (3): 785-90.
3. Polito MD, Simão R, Lira V, Nóbrega ACL, Farinatti PT. Série fracionada da extensão de perna proporciona maiores respostas cardiovasculares que séries contínuas. *Arq Bras Cardiol.* 2008; 90 (6): 382-7.
4. Kleiner DM, Blessing DL, Mitchell JW, Davis WR. A description of the acute cardiovascular responses to isokinetic resistance at three different speeds. *J Strength Cond Res.* 1999; 13 (4): 360-6.
5. Gotshall R, Gootman J, Byrnes W, Fleck S, Valovich T. Noninvasive characterization of the blood pressure response to the double-leg press exercise. *JEPonline.* 1999; 2 (4): 1-6.
6. Haslam DRS, McCartney N, McKelvie RS, MacDougall JD. Direct measurements of arterial blood pressure during formal weightlifting in cardiac patients. *J Cardiopulm Rehabil.* 1988; 8 (6): 213-25.
7. Overend T, Versteegh T, Thompson E, Birmingham T, Vandervoort A. Cardiovascular stress associated with concentric and eccentric isokinetic exercise in young and older adults. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 2000; 55 (4): 177-82.
8. Sale DG, Moroz DE, McKelvie RS, MacDougall JD, McCartney N. Effect of training on the blood pressure response to weight lifting. *Can J Appl Physiol.* 1994; 19 (1): 60-74.
9. Polito MD, Simão R, Nóbrega ACL, Farinatti PTV. Pressão arterial, frequência cardíaca e duplo-produto em séries sucessivas do exercício de força com diferentes intervalos de recuperação. *Rev Port Ciênc Desp.* 2004; 4 (3): 7-15.
10. Ratamess NA, Falvo MJ, Mangine GT, Hoffman JR, Faigenbaum AD, Kang J. The effect of rest interval length on metabolic responses to the bench press exercise. *Eur J Appl Physiol.* 2007; 100 (1): 1-17.
11. Willardson JM, Burkett LN. A comparison of 3 different rest intervals on the exercise volume completed during a workout. *J Strength Cond Res.* 2005; 19 (1): 23-6.
12. Sociedade Brasileira de Cardiologia. V Diretrizes brasileiras de hipertensão arterial. *Arq Bras Cardiol.* 2007; 89 (3): e24-79.
13. Polito MD, Farinatti PTV. Considerações sobre a medida da pressão arterial em exercícios contra-resistência. *Rev Bras Med Esporte.* 2003; 9 (1): 1-9.
14. Polito MD, Lira VA, Nóbrega ACL, Farinatti PTV. Blood pressure assessment during resistance exercise: comparison between auscultation and Finapres. *Blood Press Monit.* 2007; 12 (2): 81-6.
15. Wiecek E, McCartney N, McKelvie R. Comparison of direct and indirect measures of systemic arterial pressure during weightlifting in coronary artery disease. *Am J Cardiol.* 1990; 66 (15): 1065-9.
16. Rowell LB, O'Leary DS. Reflex control of the circulation during exercise: chemoreflexes and mechanoreflexes. *J Appl Physiol.* 1990; 69 (2): 407-18.
17. Lamotte M, Niset G, Van de Borne P. The effect of different intensity modalities of resistance training on beat-to-beat blood pressure in cardiac patients. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil.* 2005; 12 (1): 12-7.
18. Willardson JM. A Brief review: factors affecting the length of the rest interval between resistance exercise sets. *J Strength Cond Res.* 2006; 20 (4): 978-84.
19. Negrão CE, Rondon MUPB. Exercício físico, hipertensão e controle barorreflexo da pressão arterial. *Rev Bras Hipertens.* 2001; 8 (1): 89-95.
20. MacDougall JD, McKelvie RS, Moroz DE, Sale DG, McCartney N, Buick F. Factors affecting blood pressure during heavy weight lifting and static contractions. *J Appl Physiol.* 1992; 73 (4): 1590-7.
21. Carrington CA, Ubolsakka C, White MJ. Interaction between muscle metaboreflex and mechanoreflex modulation of arterial baroreflex sensitivity in exercise. *J Appl Physiol.* 2003; 95 (1): 43-8.
22. Edwards RH, Wiles CM. Energy exchange in human skeletal muscle during isometric contraction. *Circ Res.* 1981; 48 (6 Pt 2): 111-7.
23. Prabhakar NR, Peng YJ. Peripheral chemoreceptors in health and disease. *J Appl Physiol.* 2004; 96 (1): 359-66.
24. Lewis SF, Snell PG, Taylor WF, Hamra M, Graham RM, Pettinger WA, et al. Role of muscle mass and mode of contraction in circulatory responses to exercise. *J Appl Physiol.* 1985; 58 (1): 146-51.
25. McCartney N. Acute responses to resistance training and safety. *Med Sci Sports Exerc.* 1999; 31 (1): 31-7.
26. Marchionni N, Fattiroli F, Fumagalli S, Oldridge N, Del Lungo F, Morosi L, et al. Improved exercise tolerance and quality of life with cardiac rehabilitation of older patients after myocardial infarction: results of a randomized, controlled trial. *Circulation.* 2003; 107 (17): 2201-6.
27. Sociedade Brasileira de Cardiologia. I Diretriz de reabilitação cardíaca. *Arq Bras Cardiol.* 2005; 84 (5): 431-40.
28. Hunter GR, Seelhorst D, Snyder S. Comparison of metabolic and heart rate responses to super slow contra traditional resistance training. *J Strength Cond Res.* 2003; 17 (1): 76-81.
29. Kawano H, Nakagawa H, Onodera S, Higuchi M, Miyachi M. Attenuated increases in blood pressure by dynamic resistance exercise in middle-aged men. *Hypertens Res.* 2008; 31 (5): 1045-53.