

Efeito do método agonista-antagonista comparado ao tradicional no volume e ativação muscular

Effect of agonist-antagonist method compared to traditional on muscular volume and activation

Gabriel Andrade Paz¹
Marianna de Freitas Maia¹
Vicente Pinheiro Lima²
Humberto Miranda¹

Rev Bras Ativ Fis Saúde p. 54-63

DOI:

<http://dx.doi.org/10.12820/rbafs.v.19n1p54>

¹ Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de Educação Física e Desportos, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

² Universidade Castelo Branco, Laboratório de Pesquisas em Biodinâmica do Exercício, Saúde e Performance. Rio de Janeiro, RJ, Brazil.

RESUMO

Os métodos de treinamento de força são aplicados através da manipulação das variáveis metodológicas, que podem modificar as características do treinamento. Dessa forma, o objetivo do presente estudo foi investigar o efeito do método de séries pareadas de agonista-antagonista (PAA) versus o método tradicional (MT) sobre o volume total de treinamento (VTT) ou eficácia, a eficiência (VTT/tempo) e o sinal eletromiográfico (EMG). Participaram do estudo 10 sujeitos treinados ($22,4 \pm 0,9$ anos, 173 ± 5 cm, $74,8 \pm 7,8$ kg, $13,1 \pm 2,3\%$ gordura corporal). No MT foram realizadas 3 séries no exercício de supino vertical (SV) e, em seguida, 3 séries na remada aberta (RA). No PAA foram realizadas 3 séries pareadas entre o SV e RA. Foram adotados dois minutos de intervalo entre as séries em ambos os protocolos. Os sinais de EMG do latíssimo do dorso (LD), porção clavicular do peitoral maior (PMC), bíceps braquial (BB) e tríceps braquial cabeça longa (TBL) foram coletados durante a RA. Para as comparações entre os protocolos e séries aplicou-se a ANOVA *two-way* e *post hoc* de Bonferroni adotando-se $p < 0,05$. Verificou-se aumento significativo no VTT no PAA comparado ao MT. A atividade EMG dos músculos LD e BB foi significativamente maior no PAA em comparação ao MT. Em relação ao PMC e TBL, verificou-se redução significativa no PAA comparado ao MT. Logo, o PAA parece ser uma opção interessante em programas que visam aumento no VTT, bem como, economia de tempo (eficiência) sem comprometer o desempenho muscular.

PALAVRAS-CHAVE

Eletromiografia; Treinamento de força; Força muscular; Ativação muscular.

ABSTRACT

The methods of resistance training are applied by the manipulation of methodological variables that might change training characteristics. Therefore, the purpose of this study was to investigate the effect of agonist-antagonist paired sets (APS) versus the traditional method (TM) on total training volume (TTV), efficiency (TTV/time), and electromyographic (EMG) activity. Ten trained male (22.4 ± 0.9 years, 173 ± 5.2 cm, 74.8 ± 7.8 kg, $13.1 \pm 2.3\%$ body fat) participated in this study. In the MT, subjects performed 3 sets of bench press (BP) exercise and then 3 sets of wide grip seated row (SR). In the PAA, they performed 3 paired sets of BP and SR. Two-minutes of rest interval was adopted between sets in both protocols. EMG signal of the latissimus dorsi (LD), the clavicular portion of the pectoralis major (PMC), biceps brachii (BB) and triceps long head (TBL) were recorded during SR. For comparisons between protocols and sets the two-way ANOVA and Bonferroni post hoc tests were applied, adopting $p < 0.05$. There was significant increase in TTV for APS compared to TM. The EMG activities of the LD and BB muscles were significantly higher in APS compared to TM. Regarding the PMC and TBL, there was a significant reduction in APS compared to TM. Therefore, the APS may be an interesting alternative to resistance training programs that aim to increase VTT in a time efficient manner without compromising muscle performance.

KEYWORDS

Electromyography; Resistance training; Muscle strength; Muscle activation.

INTRODUÇÃO

O treinamento de força (TF) é usualmente recomendado para o desenvolvimento de resistência, potência, hipertrofia e força muscular, prevenindo diversas doenças e aumentando o desempenho de atletas e esportistas¹. Entretanto, com a finalidade de maximizar os resultados, atletas e treinadores devem considerar diversas variáveis durante a elaboração de programas de TF: número de repetições, número de séries, intervalos de recuperação entre séries e exercícios, e carga e ordem dos exercícios².

A disponibilidade de tempo para o treinamento é um dos principais fatores responsáveis pelo afastamento de praticantes de TF³. Sendo assim, métodos que economizam tempo sem comprometer o volume total de treinamento (VTT, que é um índice de eficácia do treinamento) podem ser vantajosos para os atletas e a população em geral⁴. Alguns métodos de TF caracterizam-se pelo aumento da eficiência (VTT/tempo de duração da sessão) ou seja, permite desenvolver um determinado VTT em tempo relativamente menor, quando comparado ao método tradicional de treinamento (MT)^{3,5}. Entre eles, destaca-se o modelo de séries pareadas de agonista-antagonista (PAA)⁴, conhecido também como supersérie, e sendo caracterizado pela realização de exercícios para músculos antagonistas e agonistas com ou sem intervalo de recuperação⁶⁻⁸.

Um dos princípios do PAA é a inibição neurológica dos músculos antagonistas após a pré-ativação no primeiro exercício, possivelmente promovendo redução na coativação muscular e aumento na ativação neural e força dos músculos agonistas^{4,9}. Contudo, diversos estudos que observaram esse método não utilizaram técnicas, como a eletromiografia, para suportar esta hipótese^{7,8,10,11}. Destaca-se, que estudos prévios que investigaram os efeitos potenciais da pré-ativação dos músculos antagonistas apresentaram diferenças metodológicas significativas, como variações na velocidade de execução dos exercícios, pré-ativação através de exercícios de alongamento e comparação entre diferentes manifestações de força, limitando assim, a comparação entre os estudos^{4,12}.

Neste contexto, são escassos na literatura científica, estudos que investigaram a eficácia e eficiência no PAA comparado ao MT. Destaca-se que em estudos prévios, os efeitos da pré-ativação dos antagonistas foram avaliados através de séries simples e em aparelhos isocinéticos^{5,7,12}, condições que se distanciam da prática no TF. Por outro lado, o presente estudo se propôs a verificar os efeitos do PAA utilizando séries múltiplas em aparelhos movidos por sistemas de roldanas, usualmente utilizados em academias e centros de treinamento, contribuindo dessa forma com evidências que apresentam importante aplicação prática na elaboração de programas em TF. Portanto, o objetivo do presente estudo foi investigar o efeito do PAA comparado ao MT sobre a eficácia (VTT), eficiência (volume/tempo) e sinal eletromiográfico (EMG) em exercícios para o membro superior em indivíduos treinados.

MÉTODOS

Amostra

Participaram do estudo 10 sujeitos (22,4 ± 0,9 anos, 173 ± 5,2 cm, 74,8 ± 7,8kg, 13,1 ± 2,3% gordura corporal) com experiência prévia em TF (2,8 ±

0,9 anos). A amostra foi selecionada de forma não-probabilística, para a qual foram selecionados voluntários que se adequaram aos critérios de inclusão e exclusão pré-estipulados. Os participantes treinavam em média de 60-70 minutos por sessão, realizando de 3 a 4 sessões por semana, utilizando cargas entre 10-15 repetições máximas (RM) e intervalos de recuperação entre 1 e 2 minutos entre as séries e exercícios. Como critérios de inclusão adotaram-se: não apresentar questionário PAR-Q positivo, não ter histórico de lesões osteomusculares nas articulações do ombro e cotovelo. Como critérios de exclusão adotaram-se: não concluir os protocolos experimentais, ter utilizado qualquer medicação ou recurso ergogênico durante o período de testes, bem como, realizar sessões de treinamento nas 28h antes dos testes. O projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade sob o n°: 003/2011. Todos os indivíduos assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, conforme a resolução 466/2012 do Conselho Nacional de Saúde¹³.

Determinação das cargas de 10 repetições máximas

Uma semana antes dos testes, as cargas para 10RM foram determinadas para cada sujeito nos exercícios de supino vertical (SV) e remada sentada aberta com a pegada aberta (RA), em dois dias distintos com intervalo de 48-72 horas entre as sessões de teste, sendo utilizada entrada alternada para ambos os exercícios. O teste de 10RM teve como finalidade realizar 10 repetições consecutivas com o máximo de carga, em cadência constante e duração de 4 segundos por repetição (2 segundos para fase concêntrica e 2 segundos para fase excêntrica) controlada com auxílio de um metrônomo (*M&M SYSTEME GERMANY, version 2.0*). O teste de 10RM foi realizado seguindo o protocolo proposto por Baechle e Earle¹⁴, sendo a carga inicial estimada de acordo com o peso habitualmente utilizado nas sessões de treinamento de cada indivíduo. O teste foi interrompido no momento em que os avaliados executavam o movimento com a técnica incorreta do movimento e/ou quando ocorreram falhas concêntricas voluntárias em 10RM. Visando reduzir a margem de erro nos testes, foram adotadas as seguintes estratégias²: (a) instruções padronizadas foram fornecidas antes do teste, de modo que o avaliado estivesse ciente de toda a rotina que envolveu a coleta de dados; (b) o avaliado foi instruído sobre a técnica de execução do exercício; (c) o avaliador esteve atento quanto à posição adotada pelo praticante no momento do teste, pois pequenas variações no posicionamento das articulações envolvidas no movimento poderiam acionar outros músculos, levando a interpretações errôneas dos escores obtidos; (d) estímulos verbais foram realizados com o intuito de manter o nível de motivação elevado; (e) as cargas adicionais utilizadas no estudo foram previamente aferidas em balança de precisão. Os intervalos entre as tentativas em cada exercício durante o teste de 10RM foram fixados entre três e cinco minutos. Após obtenção da carga em um determinado exercício, intervalos não inferiores há 10 minutos foram dados, antes de se realizar o exercício seguinte. Os indivíduos foram orientados a não ingerir qualquer substância estimulante (caféina ou álcool) e não realizar atividade física no dia anterior ou no dia dos testes. As técnicas de execução dos exercícios foram padronizadas e seguidas em todos os testes.

Protocolos experimentais

Antes de todos os protocolos foi realizado um aquecimento de uma série de

10 a 15 repetições com 50% da carga obtida no teste de 10RM, adotando-se intervalo de dois minutos antes de iniciar os protocolos. Os protocolos de testes foram realizados através de entrada alternada, sendo adotado intervalo de 48h-72h entre os testes. Os indivíduos foram orientados a manter uma cadência de 2 segundos por fase (concêntrica/excêntrica), sem pausa entre as fases, o que foi controlado com auxílio de um metrônomo¹⁵. Para tal, foram adotados dois protocolos experimentais: 1) *Método Tradicional* (MT) - Os sujeitos realizaram três séries no exercício de SV seguidas por três séries no exercício de RA. Ambos os exercícios foram executados com as cargas obtidas no teste de 10RM, sendo adotado intervalo de dois minutos entre as séries e exercícios; 2) *Séries Pareadas de Agonista-Antagonista* (PAA) - Os sujeitos realizaram uma série no exercício SV, seguida imediatamente por uma série no exercício de RA com as cargas obtidas no teste de 10RM. Em ambos os protocolos foi adotado um intervalo de recuperação de dois minutos entre as séries e exercícios, sendo registrado o número total de repetições realizadas sem erro na técnica do movimento. Durante o exercício de RA, registrou-se o sinal EMG dos músculos latíssimo do dorso (LD), bíceps braquial (BB), peitoral maior porção clavicular (PMC) e tríceps braquial cabeça lateral (TBL). Os participantes foram orientados a não realizar exercícios no período de 24-48h antes dos protocolos experimentais.

Eletromiografia

Todo o tratamento do sinal EMG foi realizado de acordo com as recomendações da Sociedade Internacional de Eletrofisiologia e Cinesilogia¹⁶. Os sinais EMG foram coletados no membro direito de todo os sujeitos. Eletrodos de superfície bipolares foram posicionados paralelos às fibras musculares e fixos com fita adesiva nos músculos LD, PMC, BB e TBL. Antes da colocação dos eletrodos foi realizada tricotomia e abrasão com álcool 70% sobre a pele. Para o posicionamento dos eletrodos foram adotadas as recomendações anatómicas de Cram e Kasman¹⁷. Para o músculo LD, o eletrodo foi posicionado 4 cm abaixo da borda inferior e medial da escápula, paralelo a direção das fibras musculares. Em relação ao PMC, os eletrodos foram posicionados 4 cm abaixo do terço medial da clavícula, paralelamente as fibras musculares. Para o músculo TBL, os eletrodos foram posicionados 2 cm abaixo do ponto médio entre o acrômio e olecrano. O eletrodo de referência foi posicionado na clavícula e um marcador permanente foi utilizado para demarcar a localização dos eletrodos na primeira sessão de testes, com a finalidade de aplicar o posicionamento idêntico na sessão de teste seguinte. Os eletrodos foram sempre posicionados pelo mesmo pesquisador. O sinal EMG foi coletado através de um eletromiógrafo (*EMGSystem* do Brasil LTDA, São José dos Campos, São Paulo, Brasil) de quatro canais, modo de rejeição comum 110 dB (a 60 Hz), impedância de entrada de sistema de 10⁹ Ohms, ganho de 1000 vezes e conversor A/D de 16 bits. A frequência de amostragem foi de 1000 Hz. O sinal EMG foi capturado através de eletrodos de superfície bipolares passivos de Ag/AgCl (*Meditrace 100 – Kendall, Chicopee, MA*) com área de captação de 1 cm e distância entre os eletrodos = 1 cm, posicionados paralelos as fibras musculares. Foi aplicado filtro analógico *Butterworth* de dois polos de ordem 4, com passa-banda (10-450 Hz). O sinal EMG foi analisado em rotinas elaboradas no *software* Matlab 5.02c (MathworksTM, Natick, USA). O sinal EMG

bruto foi retificado por onda completa e, em seguida, foi calculado o valor de *root mean square* (RMS) em janelas móveis de 100 ms a partir das repetições completadas. A primeira e última repetições foram excluídas do cálculo para evitar a interferência dos movimentos de retirada da barra, ajuste de amplitude e fadiga sobre o sinal EMG¹⁸.

Contração isométrica voluntária máxima

Para normalização do sinal EMG utilizou-se a contração isométrica voluntária máxima (CIVM). Para tal, três CIVMs foram executadas contra resistência manual em prova de função muscular para os músculos avaliados seguindo as recomendações de Kendall et al.¹⁹. Cada ativação foi mantida por 10 segundos com 20 segundos de intervalo entre as três repetições. Para análise da CIVM foi considerada uma janela de 4 segundos estabelecida entre o 2° e 6° segundo do tempo de coleta. O maior valor de RMS das três CIVMs foi utilizado para normalização. O RMS obtido nos protocolos experimentais foi representada através do percentual da CIVMs (100%)²⁰.

Análise dos Dados

O tratamento estatístico foi realizado no *software* SPSS versão 20.0 (Chicago, IL, USA). A análise estatística foi realizada inicialmente utilizando o teste Shapiro-Wilk de normalidade e teste de homocedasticidade (critério Bartlett). Todas as variáveis apresentaram distribuição normal e homocedasticidade. O coeficiente de correlação intraclassa ($CCI = (MS_b - MS_w) / [MS_b + (k-1) MS_w]$) foi calculado para verificar a reprodutibilidade do teste e reteste de 10RM nos exercícios VP e CE. A *two-way* ANOVA para medidas repetidas seguida do *post hoc* de Bonferroni foi aplicado para determinar se ocorreu diferença significativa ou interação entre o tipo de treinamento (MT e PAA) e entre as séries (1-3) relacionado ao VTT e sinal EMG dos quatro músculos analisados. O tamanho do efeito foi calculado e classificado (<0,35 = trivial; 0,35- 0,80 = pequeno; 0,80 – 1,50 = moderado; >1,5 = grande) para as variáveis dependentes. Os cálculos de eficiência (VTT/tempo) foram realizados para cada protocolo. O valor de $p < 0,05$ foi adotado para todas as análises inferenciais.

RESULTADOS

A média das cargas de 10RM para RA e SV foram $60,5 \pm 4,3$ kg e $73,5 \pm 10,2$ kg, respectivamente. O coeficiente de correlação intraclassa (CCI) foram 0,91 e 0,98 para RA e SV, respectivamente. Para as medidas de EMG os CCI para cada músculo foram LD = 0,89, PMC = 0,91, BB = 0,92 e TBL = 0,90 realizadas durante as CIVM realizadas nas duas primeiras sessões de testes.

Em relação ao exercício de SV, foi observada diferença significativa entre as séries ($p = 0,0001$; $F = 29,948$), porém não foi observada diferença significativa na interação entre as séries e protocolos ($p = 0,535$; $F = 0,647$). Assim, na análise entre séries, foi verificada redução significativa e progressiva do VTT entre as séries, independentemente do protocolo.

Quanto ao VTT para o exercício RA, foi verificada interação significativa entre as séries e protocolos ($p = 0,002$; $F = 9,094$). O VTT foi significativamente maior no PAA nas séries 1 ($p = 0,0001$), 2 ($p = 0,002$) e 3 ($p = 0,01$) em comparação ao MT. Na comparação entre as séries, durante o MT houve

redução significativa do VTT apenas na série 3 em comparação às séries 1 e 2, enquanto que para o PAA, houve redução significativa e progressiva do VTT ao longo das séries.

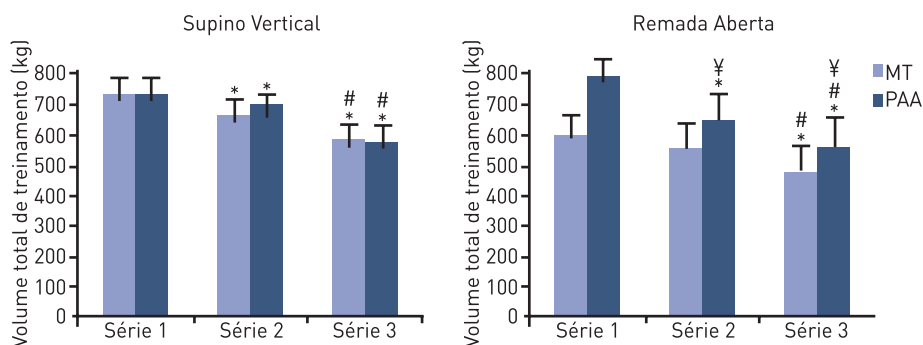


FIGURA 1 – Volume total de treinamento no exercício de supino vertical e remada sentada com a pegada aberta. MT = método tradicional; PAA: protocolo de séries pareadas de agonista-antagonista. *Diferença significativa para a série 1 ($p < 0,05$). #Diferença significativa para a série 2 ($p < 0,05$). ¥ Diferença significativa para o MT ($p < 0,05$).

Na Tabela 1, são apresentados os valores de VTT, duração total (tempo) e eficiência (VTT/min) da sessão. Foram observados VTT significativamente maiores no PAA comparado ao MT nos exercícios SV ($p = 0,02$) e RA ($p = 0,001$). A média do tempo despendido para realização das sessões foi significativamente maior no MT comparado ao PAA ($p = 0,0001$), considerando o intervalo de recuperação, execução dos exercícios e tempo necessário para troca de aparelhos. Consequentemente, o PAA apresentou maior eficiência comparado ao MT para os exercícios de SV ($p = 0,0001$) e RA ($p = 0,0001$), possibilitando trabalhar com mais que o dobro do VTT em aproximadamente metade do tempo comparado ao MT. O tamanho do efeito se mostrou trivial para o VTT no SV e grande na RA, quando comparados os métodos (PAA e MT). Quanto à eficiência do treinamento, o tamanho do efeito foi grande em ambos os exercícios na comparação dos métodos.

TABELA 1 – Volume total (VTT), tempo total e eficiência (VTT/tempo) do treinamento na sessão conduzida com o método tradicional (MT) e de séries pareadas de agonista-antagonista (PAA).

		MT	PAA	Tamanho do Efeito
Supino	VTT (kg)	1990 ± 325	2022 ± 183¥	0,09
	Eficiência (kg*min ⁻¹)	168,5 ± 26,9	350,3 ± 52,1¥	6,76
Remada	VTT (kg)	1640 ± 139	2054 ± 315¥	2,97
	Eficiência (kg*min ⁻¹)	120,5 ± 9,7	250 ± 20,8¥	13,40
Sessão	Tempo (min)	14,0 ± 0,5	8,1 ± 0,4¥	-

Dados = média±desvio padrão. ¥ Diferença significativa para MT ($p < 0,05$).

Em relação à análise EMG do músculo BB (Tabela 2), foi observada interação significativa entre as séries e protocolos ($p = 0,046$; $F = 3,673$). Durante o MT e o PAA, houve aumento significativo na ativação muscular do BB nas séries 2 e 3 em comparação com a série 1 e esta ativação foi significativamente maior no PAA em comparação com o MT em todas as séries. Quanto ao músculo LD, foram observadas diferenças significantes entre as séries ($p = 0,008$; $F = 6,351$) sem interação entre as séries e protocolos ($p = 0,52$; $F = 0,678$). As-

sim, durante as séries múltiplas, no MT e no PAA, houve aumento significativo e progressivo na ativação muscular do LD entre as séries.

Quanto ao músculo PMC, houve interação significativa entre as séries e protocolos ($p = 0,019$; $F = 4,979$), sendo observada menor ativação do PMC nas séries 1 ($p = 0,001$) e 2 ($p = 0,02$) do PAA quando comparado ao MT. Para o TBL, não foram verificados efeitos ou interação significantes entre os fatores séries e protocolos.

O tamanho do efeito se mostrou trivial para a ativação muscular na comparação entre os métodos para todas as séries nas musculaturas analisadas, exceto para a 1ª série do PMC e TBL e a 2ª série do BB, onde o tamanho do efeito foi moderado.

TABELA 2 - Valor do *root mean square* [RMS] normalizado pelo percentual de CIVM (%) obtido na análise do sinal eletromiográfico dos músculos bíceps braquial (BB), latíssimo do dorso (LD), porção clavicular do peitoral maior (PMC) e tríceps braquial cabeça longa (TBL), durante a execução de três séries do exercício de remada aberta executadas em sessões realizadas com o método tradicional ou método de séries pareadas de agonista-antagonista.

	Método Tradicional			Série pareada de agonista-antagonista			Tamanho do Efeito		
	1ª Série	2ª Série	3ª Série	1ª Série	2ª Série	3ª Série	1ª Série	2ª Série	3ª Série
BB	65,3 ± 15,3	69,1 ± 16,3*	70,1 ± 15,3*	70 ± 15,3¥	72,1 ± 14,2*¥	75,1 ± 12,1*¥	-0,33	0,18	0,33
LD	79,1 ± 18,3	84,6 ± 17,1*	85,3 ± 18*#	86,1 ± 14,2	87,6 ± 17,1*	92,3 ± 17,3*#	-0,41	0,17	-0,38
PMC	41 ± 12,3	43,4 ± 15,5	46 ± 14,2	29 ± 7,3¥	37,1 ± 10,3¥	41 ± 11,1	1,10	-0,40	-0,36
TBL	29,1 ± 9,3	33,3 ± 8,3	35 ± 9,2	21,2 ± 7,7	24 ± 7,3	29 ± 9,1	0,89	-1,13	-0,67

*Diferença significativa para a série 1 ($p < 0,05$). #Diferença significativa para a série 2 ($p < 0,05$). ¥ Diferença significativa para MT ($p < 0,05$).

DISCUSSÃO

O principal achado do presente estudo foi o aumento significativo do VTT por série no PAA comparado ao MT no exercício de RA. Adicionalmente, o PAA apresentou maior VTT em relação ao MT para a sessão total de TF, corroborando com estudos prévios que associaram este método de treinamento com a melhora na eficácia do treinamento^{7,8,10,11}. Os cálculos de eficiência indicaram que o PAA mostrou-se mais eficiente que o MT em relação ao tempo despendido na sessão de TF. Esses resultados suportam a hipótese descrita na literatura a respeito da maior eficiência do PAA^{4,5,11}.

A redução significativa observada no VTT a cada nova série nos exercícios SV e RA no MT e PAA pode estar associada ao intervalo de recuperação de 2 minutos adotado no presente estudo, possivelmente inadequado para manutenção do VTT²¹ ao longo das séries, por não permitir a ressíntese dos estoques de fosfocreatina e adenosina trifosfato intramuscular, bem como remoção de metabólitos²². Por outro lado, a eficiência do treinamento foi aprimorada no exercício de RA durante PAA. Resultados similares foram observados em estudo de Robbins *et al.*^{10,11}, que compararam a eficiência do método PAA em relação ao MT. De acordo com os dois estudos, foi verificado que o PAA apresentou o mesmo VTT no PAA comparado ao MT em aproximadamente metade do tempo. Todavia, no presente estudo, o VTT foi significativamente maior no PAA comparado ao MT. Esses resultados podem estar associados ao intervalo de recuperação limitado entre as séries pareadas e à carga de treinamento adotada no presente estudo (10RM), em comparação aos estudos de Robbins *et al.*^{10,11}, no quais adotaram-se cargas 4RM e intervalos de 2 e 4 mi-

nutos entre os exercícios de remada no banco e supino reto, respectivamente.

Em outro estudo envolvendo séries pareadas, Robbins *et al.*⁵ observaram que três séries com cargas de 4RM nos exercícios de RA seguida pelo supino reto promoveram aumento significativo no número de repetições no supino reto durante o PAA comparado ao MT. De acordo com os autores, a melhora no desempenho pode estar associada aos efeitos potenciais da fadiga acumulada devido à pré-ativação dos antagonistas. Tais evidências podem justificar o aumento significativo no VTT observados no presente estudo no exercício RA durante o PAA. Resultados semelhantes foram observados por Baker e Newton⁷, que verificaram aumento significativo na potência muscular durante lançamentos no supino três minutos após uma série de 8RM no exercício de remada no banco alto com a barra longa. Tais achados foram associados à inibição neural dos antagonistas e alteração no padrão trifásico de ativação (agonista-antagonista-agonista).

Recentemente, Balsamo *et al.*⁸ verificaram aumento significativo no VTT em séries múltiplas com cargas de 10RM nos exercícios de cadeira extensora (CE) e mesa flexora (MF) realizados em ordem inversa. Os autores associaram os resultados encontrados a alterações neurais (órgãos tendinosos de Golgi) promovidas pela pré-fadiga dos flexores de joelhos, possibilitando o aprimoramento da ação dos extensores do joelho através do armazenamento de energia elástica e alteração no padrão trifásico. Há de se considerar que Baker e Newton⁷ e Balsamo *et al.*⁸, não utilizaram técnicas como a eletromiografia para avaliar respostas neurais durante os protocolos experimentais. Adicionalmente, no presente estudo não foram observadas diferenças significantes no VTT por série entre os protocolos durante o exercício SV. Ainda assim, ao final da sessão de treinamento, o VTT no exercício SV foi significativamente maior no PAA comparado ao MT. Possivelmente, este resultado pode estar associado ao aumento no tempo de intervalo de recuperação entre as séries no SV durante o protocolo PAA, considerando o tempo de duração da série na RA mais o tempo de troca de aparelhos.

Quanto à análise da ativação muscular, verificou-se aumento significativo na atividade do músculo BB nas três séries no RA durante o PAA em comparação ao MT. Tais achados podem estar associados ao aumento no número de repetições série por série observada no PAA. Destaca-se também que este aumento na ativação muscular do agonista (BB) pode estar associado ao aumento da fadiga muscular durante o PAA, considerando que o aumento da amplitude do sinal EMG associa-se a fadiga muscular¹¹. Por outro lado, a atividade muscular do TBL não sofreu alteração ao longo das séries e entre os protocolos. Tal achado sugere que a redução da coativação do TBL parece não ser o fator responsável pela melhora no desempenho dos músculos agonistas.

Quanto ao PMC, verificou-se redução significativa na ativação durante as séries 1 e 2 no PAA comparado ao MT. Todavia, o PMC atua parcialmente como agonista durante a abdução horizontal do ombro no exercício de RA. Dessa forma, esta redução pode estar associada à inibição recíproca do fuso muscular devido ao ciclo de alongamento-encurtamento durante o SV e a RA. De acordo com Robbins *et al.*⁴, pausas na fase de ativação dos antagonistas durante o padrão trifásico são usualmente observadas após movimentos balísticos ou rápidos. Sendo assim, alterações no padrão trifásico não parecem ser um dos fatores responsáveis pelos resultados observados no presente estudo. Adi-

cionalmente, outros fatores como fadiga acumulada, acúmulo de metabólitos e aumento no armazenamento de energia elástica são hipóteses consideradas na literatura para justificar o efeito potencial da pré-ativação dos antagonistas.

Destaca-se que o PAA proporcionou maior VTT por série e para a sessão de TF em aproximadamente metade do tempo comparado ao MT. Esse resultado indica que este método apresenta grande eficiência, possibilitando que profissionais e praticante da área de TF otimizem o tempo da sessão de treinamento para desenvolver outras valências físicas e habilidades motoras. Todavia, no presente estudo foram realizados apenas dois exercícios resistidos para o membro superior, deve-se considerar que um programa tradicional de TF é composto por múltiplas séries e exercícios para diferentes grupos musculares.

Uma das limitações do presente estudo está associada à análise EMG em ações dinâmicas na qual fatores, como o deslocamento de eletrodos, variações na área de captação do sinal e alteração na geometria muscular podem modificar a densidade neural captada pelos eletrodos bipolares de superfície^{16,17,20}. Nesse sentido, a cadência dos exercício foi controlada com metrônomo com o intuito de minimizar o efeito da velocidade de execução sobre o sinal EMG captado. Adicionalmente, ainda não estão claros os mecanismos associados aos efeitos da pré-ativação dos antagonistas sobre a ativação e desempenho muscular dos agonistas. Há de se considerar que o n da pesquisa é pequeno e limita a extrapolação dos resultados. Todavia, houve preocupação em selecionar uma amostra homogênea, que foi analisada através do teste de normalidade. Em estudos futuros, sugere-se a investigação de outras variáveis, como intervalo de recuperação, diferentes intensidades e manifestações de força sobre o PAA.

CONCLUSÃO

Em conclusão, o método PAA apresentou maior eficiência e eficácia comparado ao MT, possibilitando maior volume de treinamento (eficácia) em aproximadamente metade do tempo (eficiência). A ativação muscular do BB (agonista) foi maior durante o exercício de RA no PAA comparado ao MT. Quanto aos agonistas, somente para o PMC verificou-se redução na ativação muscular durante o PAA. Sendo assim, o PAA parece ser um método eficaz e eficiente visando obter alto VTT e, concomitantemente, reduzir a duração da sessão de treinamento.

REFERÊNCIAS

1. American College of Sports Medicine. Guidelines for Exercise Testing and Prescription. 8ed. Philadelphia: The Point; 2009.
2. Simão R, Salles BF, Figueiredo T, Dias I, Willardson JM. Exercise order in resistance training: review article. *Sports Med.* 2012;42(3):251-65.
3. Robbins DW, Young WB, Behm DG, Payne WR. Effects of agonist-antagonist complex resistance training on upper body strength and power development. *J Sport Sci.* 2009;27(14):1617-25.
4. Robbins DW, Young WB, Behm DG, Payne WR. Agonist-Antagonist paired set resistance training: A Brief Review. *J Strength Cond Res.* 2010;24(10):2873-82.
5. 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(10) 2632-40.
6. Maynard J, Ebben WP. The effects of antagonist pre-fatigue on agonist torque and electromyography. *J Strength Cond Res.* 2003;17(3):469-74.

7. 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(1):202-5.
8. Balsamo S, Tibana RA, Nascimento DA, Farias GL, Petrucci Z, Santana FS, 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(1):123-27.
9. Mackenzie SJ, Rannelli LA, Yurchevich JJ. Neuromuscular Adaptations Following Antagonist Resisted Training. *J Strength Cond Res.* 2010;24(1):156-64.
10. 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(7):1782-9.
11. Robbins DW, Young WB, Behm DG, Payne WR, Klimstra MD. Physical performance and electromyographic responses to an acute bout of paired set strength training versus traditional strength training. *J Strength Cond Res.* 2010;24:1237-45.
12. Sandberg JB, Wagner DR, Willardson JM, Smith GA. Acute effects of antagonist stretching on jump height, torque and electromyography of agonist musculature. *J Strength Cond Res.* 2012;26(5):1249-56.
13. Conselho Nacional de Saúde. Resolução nº 196/196: Diretrizes e normas regulamentadoras de pesquisas envolvendo seres humanos. 10 de outubro de 1996.
14. Baechle TR, Earle RW. *Essentials of strength training and conditioning.* Champaign: Human Kinetics; 2000.
15. Gentil PE, Oliveira VA, Rocha Junior JC, Bottaro M. Effects of exercise order on upper-body muscle activation and exercise performance. *J Strength Cond Res.* 2007;21(4):1082-6.
16. Merletti R. *Standards for Reporting EMG Data.* International Society of Electrophysiology and Kinesiology, 1999.
17. Cram JR, Kasman GS. *Introduction to Surface electromyography.* ASPEM: Gaithersburg; 1998.
18. Tarata MT. Mechanomyography versus electromyography in monitoring the muscular fatigue. *Bio Med Eng Online.* 2003;2:3.
19. Kendall FP, McCreary EK, Provance PG, Rodgers MM, Romani WA. *Muscles, Testing and Function with Posture and Pain.* 5 ed. Baltimore: Williams & Wilkins; 2005.
20. Kalmar JM, Cafarelli E. Central Excitability does not limit post fatigue voluntary activation of quadriceps femoris. *J Appl Physiol.* 2006;100(1):1757-64.
21. Miranda H, Simão R, Vigário PS, Salles BE, Pacheco MTT, Willardson JM. Exercise order interacts with rest interval during upper body resistance exercise. *J Strength Cond. Res* 2010;24(6):1573-77.
22. Miranda H, Fleck SJ, Simão R, Barreto AC, Dantas EHM, Novaes J. Effect of two different rest period lengths on the number of repetitions performed during resistance training. *J Strength Cond Res.* 2007; 21(4):1032-36.

**ENDEREÇO PARA
CORRESPONDÊNCIA**
GABRIEL ANDRADE PAZ
Rua Arlete Ceslestina Ayres Wanderley,
450 - Jardim Sulacap, Rio de Janeiro,
RJ, Brasil. CEP: 21745-650. (21)
99803-1514.
E-mail: gabrielpaz@ufrj.br

RECEBIDO 08/08/2013
REVISADO 19/11/2013
26/12/2013
19/01/2014
31/01/2014
APROVADO 31/01/2014