

**EFEITOS IMEDIATOS DA PRÉ-ATIVIDADE MÁXIMA DOS ANTAGONISTAS SOBRE A TENSÃO ISOMÉTRICA MÁXIMA E SINAL ELETROMIOGRÁFICO**

**Gabriel Andrade Paz<sup>1</sup>,  
 Marianna de Freitas Maia<sup>1,3</sup>,  
 Felipe Luis dos Santos Santiago<sup>1,3</sup>,  
 Priscila Soares do Santos<sup>1,3</sup>,  
 Vicente Pinheiro Lima<sup>1,2</sup>**

**RESUMO**

O objetivo do estudo foi verificar o efeito agudo da pré-atividade máxima dos antagonistas (PA) sobre a tensão isométrica máxima (T<sub>máx</sub>) e sinal eletromiográfico (EMG). Foram voluntários 10 sujeitos do sexo masculino com 23,1±3 anos de idade praticantes de treinamento de força há no mínimo 6 meses. No primeiro dia, realizou-se a familiarização e teste de T<sub>máx</sub> na célula de carga no exercício de remada sentada aberta pronada (RA). No segundo dia, aplicou-se o protocolo de T<sub>máx</sub> através do apoio de frente (AF), conhecido também como, “flexão de braços”, seguido pelo teste de T<sub>máx</sub> no RA. Na estatística descritiva, calculou-se a média e desvio-padrão das variáveis e na inferencial aplicou-se o Teste T pareado para comparar a T<sub>máx</sub> e percentual de root mean square (RMS) do sinal EMG dos músculos deltóide porção clavicular (DC) e espinal (DE), latíssimo do dorso (LD) e peitoral porção clavicular (PC) adotando-se p<0,05. Nos resultados, não se verificou diferença estatística significativa na média de T<sub>máx</sub> em kgf 34,2±11,7 sem pré-ativação (pré) em kgf 32,5±12 após pré-ativação dos antagonistas (pós). Quanto ao sinal EMG, nos músculos agonistas no exercício da RA verificou-se redução do percentual de RMS do DE no pré (%) 62±45,8 e no pós (%) 59,5±40, assim como, para o LD no pré (%) 6,5±10% e pós 7,6±17,5%, entretanto, a redução não foi significativa. Logo, a PA parece não interferir na T<sub>máx</sub> e sinal EMG dos agonistas, entretanto, mais estudos são necessários para compreender os mecanismos neurais envolvidos na produção de força muscular.

**Palavras-chave:** Coativação; Antagonistas; Contração isométrica; Eletromiografia.

**ABSTRACT**

Acute effects of antagonists maximum pre-activity on isometric maximum tension and electromyographic signal

The purpose of this study was to investigate the acute effect of antagonists maximum pre-activity (PA) on the max isometric tension (T<sub>max</sub>) and electromyographic signal (EMG). Volunteers were 10 male subjects with 23.1 ± 3 years old, practitioners of strength training for at least 6 months. The first day was held familiarization on T<sub>max</sub> test on the load cell in the seated row exercise (RA). On the second day was applied the protocol of T<sub>max</sub> through push-up exercise (PU) followed by the T<sub>max</sub> in RA. On the descriptive statistics was calculated the mean and standard deviation of the variables. In the inferential statistics was applied the paired T test to compare the percentage of T<sub>max</sub> and root mean square (RMS) of EMG activity of the anterior deltoid (AD), posterior deltoid (PD), latissimus dorsi (LD) and clavicular pectoralis (CP) by adopting a p <0.05. In the results, there was no statistically significant difference in mean T<sub>max</sub> 34.2 ± 11.7 kgf without pre-activation (pre) and 32.5 ± 12 kgf after pre-activation of antagonists (post). Regarding the EMG signal, the agonist muscles in the course of RA there was a reduction in the percentage of the RMS for PD on pré (%) 62±45.8% and post 59.5±4, as well as for the LD in pré 6.5±10 and post 17.5± 7.6%, however, the reduction was not significant. Therefore, the PA does not seem to interfere with the T<sub>max</sub> and EMG of the agonists, although, more studies are needed to understand the neural mechanisms involved in the power output.

**Keywords:** Coactivation; Antagonist; Isometric contraction; Electromyography.

## INTRODUÇÃO

A produção de força muscular é resultado da combinação de diversas propriedades que compõe o sistema neuromuscular, como, a relação de comprimento-tensão do sarcômero, carga-velocidade, força tempo e a arquitetura músculo esquelética (Kraemer e Fleck, 2007, American College of Sports Medicine-ACSM, 2009, Hamill e Knutzen, 2009). Os ganhos de força muscular ocorrem principalmente devido às adaptações neurais e morfológicas que ocorrem ao longo do período de treinamento (Seynnes, De Boer e Naraci, 2007).

Desta forma, a prescrição de exercícios com a finalidade de aprimorar a força muscular sofre influência direta de alguns fatores, como, número de exercícios, número de repetições, ordem dos exercícios, número de séries, intervalo de recuperação entre as séries e entre os exercícios durante o treinamento de força (TF) (Gentil e colaboradores, 2007, Simão e colaboradores, 2010).

Diversas adaptações neuromusculares são observadas durante programas de TF, como, a hipertrofia muscular, o aumento da coordenação dos agonistas, melhora no recrutamento de unidades motoras (UM), altas frequências de ativação de UM e redução na co-contratação dos antagonistas, resultando no aumento da força muscular (Folland e William, 2007).

Neste contexto, destaca-se a coativação dos músculos antagonistas, que produz força em direção oposta à força dos agonistas promovendo uma desvantagem na produção de força dos agonistas, e vantagem auxiliando na estabilidade articular e coordenação do movimento, sofrendo interferência direta da velocidade e sobrecarga nos exercícios (Robbins e colaboradores, 2010).

Alguns autores têm recomendado o método superser, também conhecido como, supersérie, que é caracterizado pela realização de exercícios para os músculos antagonistas e agonistas sem intervalo de recuperação (Maynard e Ebben, 2003, Mackenzie, Rannelli e Yurchevich, 2010), resultando em uma redução significativa no tempo total gasto durante a sessão de treinamento, sem comprometer o desempenho (Robbins e colaboradores 2010, Robbins e colaboradores, 2010).

Alguns autores sugerem que a pré-atividade dos antagonistas pode reduzir a co-contratação e promover ganhos de força dos agonistas (Jeon e colaboradores, 2001, Baker e Newton, 2005), entretanto, outros estudos verificaram nenhuma alteração (Geertsen, Lundbye-Jensen e Nielsen, 2008, Robbins e Colaboradores, 2009) ou redução de força dos agonistas (Maynard e Ebben, 2003).

Todavia, ainda não estão claros na literatura os efeitos potenciais da pré-atividade dinâmica aplicada sobre os antagonistas na redução da coativação durante o modelo supersérie (Baker e Newton, 2005, Geertsen, Lundbye-Jensen e Nielsen, 2008, Robbins e colaboradores, 2009, Robbins e colaboradores, 2010).

Pelo exposto, se faz necessário aprofundar constantemente os estudos das respostas musculares aos estímulos em propostos, sendo a eletromiografia (EMG) uma das instrumentações possíveis de serem utilizadas para esse fim (Bolglia e Uhl, 2007).

O presente estudo se torna relevante ao contribuir com evidências científicas sobre as respostas fisiológicas musculares aos estímulos impostos, permitindo aos profissionais de áreas relacionadas ao treinamento e reabilitação melhores interpretações e proveito dos mesmos. Portanto, o presente estudo teve como objetivo verificar o efeito da pré-atividade dinâmica máxima nos antagonistas sobre a tensão isométrica máxima e sinal EMG dos agonistas e antagonistas.

## MATERIAIS E MÉTODOS

A amostra foi constituída por 10 voluntários saudáveis do sexo masculino com  $23,1 \pm 3$  anos de idade com, pelo menos, seis meses de prática em TF e sem histórico de lesão nas articulações envolvidas no movimento. A amostra foi selecionada de forma intencional, fazendo parte da mesma sujeitos os quais se teve acesso e voluntários (Thomas, Nelson e Silverman, 2007).

O n amostral foi determinado de forma não probabilística. Como critérios de exclusão foram adotados: indivíduos com PARQ positivo (ACSM, 2009), usuários de medicamentos sejam estes em prol da saúde ou em benefício do desempenho (recursos ergogênicos), e indivíduos que apresentaram qualquer tipo de limitação articular ou problemas osteomioarticulares que pudessem influenciar a realização dos exercícios

propostos. O estudo foi realizado no laboratório de Biodinâmica do exercício do curso de Educação Física da Universidade Castelo Branco na cidade do Rio de Janeiro em datas e horários estabelecidos previamente com os participantes.

No primeiro dia, foram apresentados os objetivos e detalhes metodológicos do estudo e posteriormente, foi realizada a familiarização dos sujeitos com os testes. No segundo dia, foram realizadas as medidas antropométricas e a aquisição do sinal de EMG no exercício proposto.

### Ética da Pesquisa

Antes da coleta de dados, todos os indivíduos assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido, conforme a resolução do Conselho Nacional de Saúde (196/96). Desta forma o projeto de pesquisa foi submetido para o Comitê de Ética da Universidade Castelo Branco e devidamente aprovado sob o número: 2012/002.

### Procedimentos

No primeiro dia, foram mensuradas as medidas antropométricas de estatura e massa corporal total dos participantes, e em seguida, os mesmos foram orientados e realizaram o processo de familiarização com os testes e procedimentos propostos para a realização do estudo. Para realizar as medidas antropométricas de massa corporal, estatura e cálculo do IMC foi utilizada uma balança digital Techline BAL-150 tipo plataforma com capacidade para 150 kg e escala de 100g, uma trena antropométrica Sanny Medical de 2m e estadiômetro Seca Bodymeter 208.

### Tensão isométrica máxima

No segundo dia, para verificar a Tensão isométrica máxima ( $T_{\text{máx}}$ ), os voluntários realizaram o exercício de remada sentada aberta com a pegada pronada (RA) em isometria durante 10 segundos utilizando um cabo de aço (Figura 1) não deformável acoplado a uma célula de carga (EMG System do Brasil, Brasil, com resolução de 1 kgf), ao cabo do equipamento, a qual possibilitou avaliar a força de tração desenvolvida durante as ações isométricas voluntárias máximas (AIVM). Durante a execução dos testes, os sujeitos foram estimulados com encorajamento verbal a produzirem a máxima força possível.

Para tal o indivíduo foi posicionado sentado sobre colchonete com os joelhos em

extensão e quadril em flexão a 90°, preservando todas as curvaturas fisiológicas da coluna vertebral.

Os pés foram apoiados em suporte de madeira, de forma que durante a AIVM a postura não fosse alterada. Na posição inicial, os ombros foram mantidos em flexão a 90° e cotovelos em completa extensão.

Na posição final, quando se realizou a abdução horizontal do ombro com flexão do cotovelo, os ombros ficaram em abdução a 90° e cotovelo em flexão a 90°. No cabo de aço coberto por isolante elétrico, a pegada foi realizada com a articulação radioulnar em pronação e flexão das metacarpofalângicas.

Para desenvolver a familiarização com o exercício proposto, foram realizadas três ações isométricas voluntárias máximas (AIVM) com duração de 10 segundos e intervalo de recuperação de dois minutos entre os exercícios (Brown e Weir, 2001). Durante o exercício foi coletado o sinal EMG dos músculos agonistas na abdução horizontal do ombro: deltóide porção espinal (DE) e latíssimo do dorso (LD) e dos músculos antagonistas ao movimento: peitoral maior porção clavicular (PC) e deltóide porção clavicular (DC).

### Pré-atividade dinâmica dos antagonistas

Para promover a pré-atividade dinâmica dos antagonistas foi aplicado o teste de apoio frontal conhecido popularmente como, "flexão de braços", que tem como objetivo mensurar a resistência muscular do membro superior e da cintura escapular (Pollock e Willmore, 1993).

A posição inicial foi em decúbito ventral no chão. Na fase concêntrica, o corpo deveria ser erguido pela extensão do cotovelo, sendo que as mãos deveriam estar voltadas para frente, na linha dos ombros, e o olhar direcionado para o espaço entre elas. O tronco foi erguido até formar uma linha reta, não sendo permitido nenhum tipo alteração das curvaturas da coluna vertebral ou de balanço vertical do corpo. Na fase excêntrica, a flexão de cotovelos foi realizada até levar a caixa torácica próxima ao solo. O movimento foi contínuo e o exercício realizado até a exaustão, registrando-se o número máximo de repetições completadas sem erro na execução do movimento.

Imediatamente após o exercício de apoio de frente, foi realizada a RA na célula de carga com a coleta simultânea do sinal EMG dos músculos agonistas no movimento DE e

LD e dos músculos antagonistas ao movimento: PC e DC com a finalidade de verificar os efeitos da pré-atividade dinâmica dos antagonistas na F<sub>máx</sub> e no sinal EMG dos agonistas e antagonistas do movimento de abdução horizontal do ombro.

### Processamento de Sinais

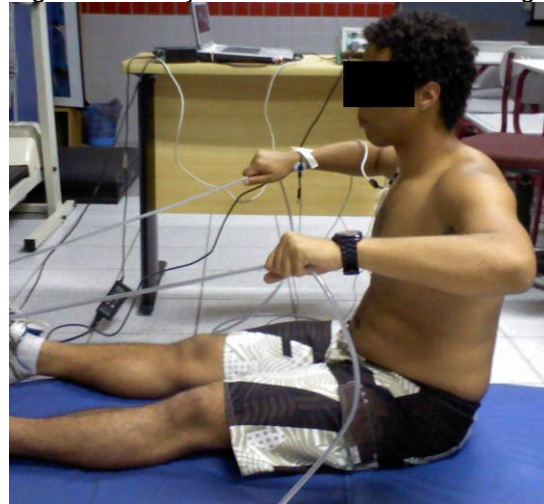
Todos os sinais EMG foram coletados no membro dominante e para coleta do sinal EMG foram realizados os seguintes procedimentos: Tricotomia nos músculos DC, PC, DE e LD, limpeza da pele com álcool para reduzir a impedância elétrica. Posteriormente, eletrodos de superfície (Ag/AgCl de diâmetro de 2,2 cm e fixados com fita adesiva) na configuração bipolar foram colocados nos músculos supracitados de acordo com as orientações da Surface Electromyography for the Non-Invasive Assessment of Muscles (Seniam, 1999). A impedância intereletrodos manteve-se abaixo de 3000 Ohms antes do início de cada coleta avaliada por multímetro digital. O eletrodo de referência foi posicionado no processo estilóide do rádio.

Para a aquisição do sinal EMG foi utilizado um eletromiógrafo da fabricante EMG System do Brasil modelo EMG-800C com um amplificador com ganho total de 2000 vezes, com filtro de hardware no equipamento passa alta com frequência de corte de 20Hz e passa baixa com frequência de corte de 500Hz, realizada por um filtro analógico do tipo Butterworth de dois pólos. A análise do sinal foi realizada através do software EMGLAB da EMG System do Brasil com frequência de amostragem de 2000Hz por canal, plataforma Windows. Como transdutor de força foi utilizado uma célula de carga da EMG SYTEM DO BRASIL.

Para estudo o sinal EMG, foi utilizado o root mean square (RMS) do sinal elétrico dos músculos DC, PC, DE e LD, que configuram um parâmetro confiável para o estudo do comportamento da fisiologia da contração muscular em estudos de EMG. A análise do sinal foi realizada através do valor percentual relativo de RMS de cada músculo,

referente ao valor absoluto de todos os músculos avaliados, de acordo com os respectivos estímulos.

Figura 1 - Posição de RSA na célula de carga.



### Análise Estatística

Para a análise estatística das variáveis estudadas, foi calculada na estatística descritiva a média e desvio-padrão do RMS dos músculos envolvidos no movimento e a T<sub>máx</sub> em kg/f obtidas através da célula de carga. Na estatística inferencial, foi aplicado o teste de normalidade de Shapiro-Wilk, e a comparação do nível de ativação muscular dos músculos monitorados e T<sub>máx</sub>, foi realizada a partir do Teste T pareado. O nível de significância utilizado em todos os procedimentos estatísticos foi de  $p < 0,05$ , sendo estes realizados no software SSPS versão 18.0.

### RESULTADOS

Na Tabela 1, são apresentados os valores médios e desvio-padrão das variáveis que caracterizam a amostra, como, idade, massa corporal, estatura, índice de massa corporal (IMC) e número máximo de apoios frontais completados (AF).

**Tabela 1** - Características antropométricas e composição corporal da amostra

Variáveis	N= 10	Min.	Máx.
Idade (anos)	23,1 ± 3		20-30
Massa corporal total (kg)	77,7 ± 6,5		68,3-89,2
Estatura (cm)	167,5 ± 4,8		167,5-183
AF (n)	36,8 ± 10,9		25-60
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	25,6 ± 2,3		23,5-26,9

Como visto, a amostra apresentou média de  $23,1 \pm 3$  anos de idade, massa corporal (Kg) de  $77,7 \pm 6,5$ , estatura (cm)  $167,5 \pm 4,8$ ,  $36,8 \pm 10,9$  AF realizados até a exaustão e IMC de  $25,6 \pm 2,3$ .

Na Tabela 2, são apresentados os valores médios e desvio-padrão da tensão isométrica máxima (T<sub>máx</sub>) produzida na célula de carga em kilogramas/força (kgf), sem estímulo (pré) e após a pré-atividade dinâmica máxima dos antagonistas no apoio frontal (pós). De acordo com os resultados da Tabela 2, verificou-se média de  $34,2 \pm 11,7$  kgf no pré

e  $32,5 \pm 12$  no pós, indicando a redução de 4,9% de T<sub>máx</sub> após pré-atividade dos antagonistas, todavia, o teste T pareado não indicou diferença estatística significativa entre os valores obtidos pré e pós-estímulo considerando valor de  $p < 0,05$ .

Na Tabela 3, são apresentados os valores de média e desvio-padrão do percentual de contribuição dos músculos antagonistas: deltóide porção clavicular (DC) e peitoral maior porção clavicular (PC) e dos agonistas deltóide porção espinal (DE) e latíssimo do dorso (LD) no exercício de RA.

**Tabela 2** - Valores de média e DP da tensão isométrica máxima (kgf).

	Pré	pós	Diferença %
<b>Média e DP (kgf)</b>	$34,2 \pm 11,7$	$32,5 \pm 12$	4,9

**Tabela 3** - Percentual de contribuição (média e Desvio-Padrão) de cada músculo durante a realização dos exercícios analisados.

Músculos	pré (%)	pós (%)
DC	$24,6 \pm 36,7$	$25,4 \pm 31,1$
PC	$6,9 \pm 7,4$	$7,6 \pm 11,4$
DE	$62,0 \pm 45,8$	$59,5 \pm 40,0$
LD	$6,5 \pm 10,0$	$7,6 \pm 17,5$

De acordo com os resultados da Tabela 3, verificou-se aumento no sinal dos músculos antagonistas ao movimento da RA, como visto, no DC no pós ( $25,4 \pm 31,1$ ) e no músculo PC ( $7,6 \pm 11,4$ ), em comparação ao pré para o DC ( $24,6 \pm 36,7$ ) e PC ( $6,9 \pm 7,4$ ). Quanto aos músculos agonistas no exercício da RSA, verificou-se redução do percentual de RMS do DE no pré ( $62,0 \pm 45,8$ ) e no pós ( $59,5 \pm 40,0$ ), assim como, para o LD no pré ( $6,5 \pm 10$ ) e pós ( $7,6 \pm 17,5$ ). Entretanto, o Teste T pareado não indicou diferença estatística significativa entre os músculos estudados pré e pós-estímulo, considerando o valor de  $p < 0,05$ .

## DISCUSSÃO

Como observado nos resultados, não se verificou diferença estatística significativa na T<sub>máx</sub> produzida na célula de carga após o protocolo de pré-atividade dinâmica máxima dos antagonistas através do AF. Quanto à análise do sinal EMG, verificou-se um aumento do percentual do RMS do sinal EMG dos músculos antagonistas e redução do percentual de RMS dos músculos agonistas

após aplicação dos estímulos supracitados, todavia, há de se considerar que não houve diferença estatística significativa no RMS dos músculos DC, PC, DE e LD.

Considerando que são escassos na literatura os estudos que compararam o efeito de pré-atividade ou pré-carga dos antagonistas sobre a T<sub>máx</sub>, foram abordados estudos que verificaram os efeitos da pré-atividade dos antagonistas sobre a produção de força dos agonistas utilizando diferentes modelos metodológicos.

Em estudo de Bohannon (1986), verificou-se que ao realizar uma série com oito repetições de contrações recíprocas isocinéticas a  $60^\circ/\text{seg}$ , os sujeitos foram capazes de gerar um torque 10% maior do que gerado na condição sem pré-atividade.

No estudo de Grabiner e Hawthorne (1990), os participantes realizaram uma série de 10 repetições máximas de flexão-extensão concêntrica isocinética do joelho em diferentes velocidades angulares e os resultados indicaram que o músculo agonista teve seu desempenho aumentado quando realizaram a flexão na velocidade rápida ( $400^\circ/\text{seg}$ ), seguida de extensão lenta ( $30^\circ/\text{seg}$ ).

Nesta condição, os autores consideraram a hipótese de que a energia elástica acumulada pelo agonista na rápida flexão poderia ter sido o mecanismo responsável pela potencialização do torque extensor.

Jeon e colaboradores (2001) avaliaram as ações recíprocas em uma série com cinco repetições máximas, enfocando apenas a compreensão dos efeitos de diferentes velocidades (100°/seg, 200°/seg e 300°/seg). Neste estudo, os autores comprovaram que a rápida transição ou transição imediata entre flexão e extensão do joelho, determinou resultados positivos no torque extensor e ao que parece, a potencialização do músculo extensor foi resultado de uma facilitação neural advinda dos fusos musculares, que ocorreu nas amplitudes iniciais do movimento de extensão.

Roy e colaboradores (1990) sugerem que as vantagens advindas das ações recíprocas se devem a um estímulo facilitatório dos órgãos tendinosos de golgi (OTG) dos músculos flexores e dos fusos musculares dos extensores atribuídas a flexão previa. Desta forma, pré-atividade dos antagonistas ativaria os OTGs e sua rede de motoneurônios, enquanto que, concomitantemente, os fusos musculares dos extensores (alongados) levariam a uma facilitação e melhor desempenho na contração subsequente.

Maynard e Ebben (2003) demonstraram que cinco repetições máximas prévias de flexão do joelho, seguidas pelas séries de extensão do joelho, causaram efeito negativo caracterizado pela redução do torque isocinético extensor e da potência do agonista quando realizaram a pré-atividade dinâmica máxima dos antagonistas.

Entretanto, Baker e Newton (2005) relataram que a capacidade de gerar potência aumentou como resultado de uma intervenção com uma série de oito repetições dos músculos antagonistas, através do exercício de remada sentada, seguida pela série dos agonistas no exercício de supino reto. Os autores sugeriram a ocorrência de uma estratégia neural baseada no incremento da inibição recíproca entre agonistas e antagonistas.

Kisner e Colby (2007), também sugerem que durante a ativação concêntrica de um músculo agonista, o antagonista apresenta uma inibição recíproca que permite seu relaxamento e, conseqüentemente, pode facilitar as ações do agonista. Recentemente,

em estudo de Robbins e colaboradores (2010), que verificou o efeito da pré-atividade dinâmica dos antagonistas sobre a potência muscular dos agonistas, não foi observada diferença significativa na potência e sinal EMG dos músculos agonistas.

Robbins e colaboradores (2010) destacam que os estudos que verificaram o efeito da pré-atividade dos antagonistas apresentam diversas limitações como, n amostral reduzido, aplicação de alongamento como aquecimento, comparações entre diferentes manifestações de força e grande parte dos mesmos não utilizaram a EMG para associar uma possível alteração na coativação dos antagonistas e melhora do desempenho dos agonistas.

## CONCLUSÃO

Considerando as condições experimentais, os resultados demonstraram que a aplicação da pré-atividade máxima dos antagonistas parece não promover efeitos deletérios na  $T_{máx}$  dos agonistas, todavia, verificou-se aumento da co-contracção dos antagonistas através do aumento do sinal EMG e redução da ativação dos agonistas. Contudo, há de se considerar que as alterações no sinal EMG não apresentaram diferença estatística significativa. Desta forma, destaca-se que a aplicação do modelo de pré-ativação dos antagonistas seja observada com cautela durante a prescrição de treinamento, considerando que diversos fatores podem interferir nas ações recíprocas de agonistas e antagonistas, como, tipo de ação muscular, velocidade de contração, sobrecarga e amplitude articular do movimento.

Portanto, sugere-se a realização de novos estudos que comparem a pré-atividade dos antagonistas com diferentes manifestações de força para gerar evidências que possibilitem compreender este mecanismo neuromuscular que interfere na produção de força muscular.

## REFERÊNCIAS

- 1- American College of Sports Medicine. Guidelines for Exercise Testing and Prescription. 8ed. Philadelphia. The Point. 2009.
- 2- American College of Sports Medicine. Position Stand: Progression Models in Resistance Training for Healthy Adults.

# Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício

ISSN 1981-9900 *versão eletrônica*

Periódico do Instituto Brasileiro de Pesquisa e Ensino em Fisiologia do Exercício

[www.ibpex.com.br](http://www.ibpex.com.br) / [www.rbpfex.com.br](http://www.rbpfex.com.br)

Medicine and Science in Sports Exercise. Vol.34. 2009. p. 687-708.

3- Baker, D.; Newton, R.U. Acute effect on power output of alternating an agonist and antagonist muscle exercise during complex training. *Journal of Strength Conditioning Research*. Vol. 19. Num. 1. 2005. p. 202-205.

4- Bohannon, R.W. knee Extension Torque During Repeated Knee Extension-Flexion Reversals and Separated Knee Extension-Flexion Dyads. *Physical Therapy*. Vol. 65. Num. 8. 1986. 1239-1241.

5- Bolgla, L.A.; Uhl, T.L. Reliability of electromyographic normalization methods for evaluating the hip musculature. *Journal of electromyography Kinesiology*. Vol.17. 2007. p.102-111.

6- Brown, L.E.; Weir, J.P. ASEP Procedures Recommendation I: Accurate Assessment O Muscular Strength And Power. *Journal of Exercise Physiology Online*. Vol. 4. Num. 3. 2001. p. 1-21.

7- Conselho Nacional de Saúde. Resolução nº 196/196: Diretrizes e normas regulamentadoras de pesquisas envolvendo seres humanos. 10 de outubro de 1996.

8- Folland, J.P.; Williams, A.G. The Adaptations to Strength Training: Morphological and Neurological Contributions to Increased Strength. *Sports Medicine*. Vol. 37. Num. 2. 2007. p. 145-168.

9- Geertsen, S.S.; Lundbye-Jensen, J.; Nielsen, J.B. Increased central facilitation of antagonist reciprocal inhibition at the onset of dorsiflexion following explosive strength training. *Journal of Applied Physiology*. Vol. 105. 2008. p. 915-922.

10- Gentil, P.; Oliveira, E.; Rocha Júnior, V.A.; Carmo, J.; Bottaro, M. Effects of exercise order on upper-body muscle activation and exercise performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*. Vol. 2, 2007. p. 1082-1086.

11- Grabiner, M.D.; Hawthorne, D.L. Conditions of isokinetic knee flexion that enhance isokinetic knee extension. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. Vol. 22. 1990. p. 235-244.

12- Hamill, J.; Knutzen, K.M. *Biomechanical Basis of Human Movement*. 3ed. Philadelphia. Lippincott Williams & Wilkins. 2009.

13- Jeon, H.S.; Trimble, M.H.; Brunt, D.; Robinson, M.E. Facilitation of quadriceps activation following a concentrically controlled knee flexion movement: the influence of transition rate. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. Vol. 31. Num. 3. 2001. p. 122-32.

14- Kisner, C.; Colby, L.A. *Therapeutic exercise. Foundations and techniques*. 5ed. Philadelphia. Davis Company. 2007.

15- Kraemer, W.J.; Fleck, S.J. *Optimizing Strength Training*. Champaign. Human Kinetics. 2007.

16- Mackenzie, S.J.; Rannelli, L.A.; Yurchevich, J.J. Neuromuscular Adaptations Following Antagonist Resisted Training. *Journal of Strength and Conditioning Research*. Vol. 24. Num.1. 2010. p. 156-164.

17- Maynard, J.; William, E. The Effects of Antagonist Prefatigue on Agonist Torque and Electromyography. *Journal of Strength and Conditioning Research*. Vol. 17. Num. 3. 2003. p. 469-474.

18- Pollock, M.L.; Wilmore, J.H. *Exercício na Saúde e na Doença* 2ed. Rio de Janeiro. Médica e Científica. 1993.

19- Robbins, D.W.; Young, W.B.; Behm, D.G. The effect of an upper-body agonist-antagonist resistance training protocol on volume load and efficiency. *Journal of Strength & Conditioning Research*. Vol. 24. Num. 10. 2010. p. 2632-2640.

20- Robbins, D.W.; Young, W.B.; Behm, D.G.; Payne, W.R. Effects of agonist-antagonist complex resistance training on upper body strength and power development. *Journal of Sports Sciences*. Vol. 27. Num. 14. 2009. p. 1617-1625.

21- Robbins, D.W.; Young, W.B.; Behm, D.G.; Payne, W.R. The effect of a complex agonist and antagonist resistance training protocol on volume load, power output, electromyographic responses and efficiency. *Journal of Strength & Conditioning Research*. Vol. 24. Num. 7. 2010. p. 1782-1789.

# Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício

ISSN 1981-9900 *versão eletrônica*

Periódico do Instituto Brasileiro de Pesquisa e Ensino em Fisiologia do Exercício

[www.ibpex.com.br](http://www.ibpex.com.br) / [www.rbpfex.com.br](http://www.rbpfex.com.br)

---

22- Robbins, D.W.; Young, W.B.; Behm, D.G.; Payne, W.R. Agonist-Antagonist Paired Set Resistance Training: A Brief Review. *Journal of Strength & Conditioning Research*. Vol. 24. Num. 10, 2010. p.2873-2882.

23- Roy, M.A.; Sylvestre, M.; Katch, F.I.; Lagasse, P.P. Proprioceptive facilitation of muscle tension during unilateral and bilateral knee extension. *International Journal of Sports Medicine*. Vol. 11. 1990. p. 289-292.

24- Seynnes, M.; De Boer, M.; Narici, M.V. Early skeletal muscle hypertrophy and architectural changes in response to high-intensity resistance Training. *Journal of Applied Physiology*. 2007. Vol. 102, p.368-373.

25- Simão, R.; Spinetti, J.; Salles, B.F.; Oliveira, L.F.; Matta, T.; Miranda, F.; Miranda, H.; Costa, P.B. Influence of exercise order on maximum strength and muscle thickness in untrained men. *Journal of Sports Science and Medicine*. Vol. 9. 2010. p. 1-7.

26- Thomas, J.R.; Nelson, J.K.; Silverman, S. Métodos de pesquisa em atividades físicas. 5ed. Porto Alegre: Artmed, 2007.

1-Grupo de Pesquisa em Biodinâmica do Exercício, Saúde e Performance (BIODESP) Universidade Castelo Branco

2-Faculdades Integradas Maria Thereza (FAMATH)

E-mail:

[gabriel.andrade.paz@gmail.com](mailto:gabriel.andrade.paz@gmail.com)

[mariannamaia2@gmail.com](mailto:mariannamaia2@gmail.com)

[felipe\\_luis1@hotmail.com](mailto:felipe_luis1@hotmail.com)

[priscilasantosedf@hotmail.com](mailto:priscilasantosedf@hotmail.com)

[professorvicentelima@gmail.com](mailto:professorvicentelima@gmail.com)

Endereço para correspondência:

Gabriel Andrade Paz

Rua Arlete Celestina Ayres Wanderley, 450.  
Jardim Sulacap, Rio de Janeiro, RJ. CEP  
21745-650.

Recebido para publicação 25/03/2012

Aceito em 04/04/2012