

Efeito da pré-ativação dos antagonistas sobre a determinação da carga no teste de 10 repetições máximas no exercício supino reto

Effects of antagonist pre-activation on 10 repetition maximum load determination in the bench press exercise

Rodrigo Hava de Lima¹, Igor Nasser², Gabriel Andrade Paz³, Marianna de Freitas Maia⁴, Humberto Miranda⁵, Vicente Pinheiro Lima⁶

¹Professor Mestre em Medicina Esportiva pela Rede Euro Americana de Motricidade Humana: Universidad Católica Nuestra Señora de la Asunción – UC. Asunción - Paraguai.

²Mestrando em Biodinâmica do Movimento Humano pela Escola de Educação Física e Desportos, Universidade Federal do Rio de Janeiro UFRJ. Rio de Janeiro, RJ - Brasil.

³Doutorando em Biodinâmica do Movimento Humano pela Escola de Educação Física e Desportos, Universidade Federal do Rio de Janeiro UFRJ. Rio de Janeiro, RJ - Brasil.

⁴Professora Substituta, Mestre em Educação Física pela Escola de Educação Física e Desportos, Universidade Federal do Rio de Janeiro UFRJ. Rio de Janeiro, RJ - Brasil.

⁵Professora Doutor Adjunto pela Escola de Educação Física e Desportos, Universidade Federal do Rio de Janeiro UFRJ. Rio de Janeiro, RJ - Brasil.

⁶Professor Mestre em Educação Física pela Universidade Castelo Branco – UCB, Grupo de Pesquisa Biodinâmica do Exercício Saúde e Performance BIODESP. Rio de Janeiro, RJ - Brasil

Endereço para correspondência:

Gabriel Andrade Paz
Rua Arlete Celestina Ayres Wanderley, 450. Jardim Sulacap
2174-650 - Rio de Janeiro, RJ [Brasil]
gabriel.andrade.paz@gmail.com

Resumo

Introdução: Evidências indicam que a pré-ativação do antagonista melhora o desempenho agonista no exercício. **Objetivo:** Verificar o efeito da pré-ativação dos antagonistas (PAA) na determinação de carga no teste de 10 repetições máximas (RM) no supino reto no *smith* (SRS). **Métodos:** sessões 1 e 2, o teste e reteste de 10-RM foram aplicados no exercício remada aberta sentado (RAS). Sessões 3, 4, 5 e 6, o teste e reteste para o exercício SRS foram aplicados em duas condições distintas: tradicional, sem pré ativação dos antagonistas; PAA, uma série no RAS foi aplicada até a falha, e seguida pela tentativa no exercício SRS registrando-se o máximo de carga para de 10-RM. **Resultado:** no exercício SRS sem PAA obteve-se $99 \pm 10,5$ kg, quando se realizou a PAA através da RAS verificou-se $102,7 \pm 12,7$ kg. **Conclusão:** o estudo evidenciou que a pré-ativação dos antagonistas pode aumentar a força dos agonistas melhorando seu desempenho.

Descritores: Força muscular; Eficiência; Treinamento de Resistência.

Abstract

Introduction: studies indicate that preactivation of the antagonist can improve performance on agonist exercise. **Objective:** investigate the effect of antagonist preactivation (PAA) on the 10 maximum repetition performance of the agonists. **Methods:** on sessions 1 and 2, the volunteers performed a test and retest of 10 maximum repetitions (RM) in the wide grip seated row (WSR). Sessions 3, 4, 5 and 6, a test and retest in the bench press in smith machine (BPS) was made in two conditions: traditional, without preactivation; PAA, one set in the WSR to the fatigue point and immediately a trial in the BPS every attempt, registering the maximum 10-RM load. **Results:** the BPS test without PAA was obtained 99 ± 10.5 kg, however when PAA was carried out in SR test was obtained 102.7 ± 12.7 kg. **Conclusion:** The study showed that the proposal to activate the antagonist before agonist may increase the strength of the agonist.

Keywords: Muscle strength; Efficiency; Resistance training.

Introdução

O treinamento de força (TF) é uma das primeiras modalidades de exercício físico recomendada para indivíduos que pensam em aprimoramento das adaptações musculares¹ como força, potência e hipertrofia e que podem variar de acordo com o objetivo de cada indivíduo². Diversas variáveis são manipuladas em uma periodização de treinamento como ordem dos exercícios, intervalo entre as séries, volume, intensidade, frequência semanal, entre outros que podem influenciar diretamente nos resultados³.

Na fase inicial de programas de TF, a adaptação neural associa-se a grande parte dos ganhos de força, caracterizando-se principalmente pela redução da coativação dos músculos antagonistas, que produzem força em direção oposta à ação do movimento, promovendo desvantagem na produção de força dos agonistas e vantagem no auxílio da estabilidade articular e na coordenação do movimento^{1,4}. Nesse sentido, alguns autores aplicaram diferentes modelos de pré-ativação dos antagonistas com a finalidade de promover uma inibição neurológica desses músculos e aumentar a atividade dos agonistas⁵⁻⁹. Estudos que analisaram um modelo de treinamento em que o indivíduo realizava uma série de força do músculo antagonista e em seguida uma ação agonista verificaram aumento no desempenho a partir de uma maior execução de repetições quando comparado com aquele realizado sem pré-ativação tanto em membros inferiores quanto membros superiores, evidenciando que essa resposta independe do segmento trabalhado^{5,6,8}. Em análises utilizando sinal eletromiográfico (EMG) para avaliar a atividade muscular, foi possível verificar que uma intervenção nos músculos antagonistas antecedendo a sessão com os músculos agonistas foi capaz de aumentar a ativação desses músculos o que representaria uma maior participação no movimento e assim justificando seu melhor desempenho⁷⁻⁹. Em outra análise que avaliava o pico do torque isométrico ao longo de múltiplas séries, Carregaro *et al.*⁶ verificaram que o trei-

namento com pré-ativação antagonista possuía uma menor redução e uma maior capacidade de manutenção do desempenho para exercícios de extensão de joelhos precedidos de uma flexão de joelhos.

Como visto, estudos que analisaram desempenho dos agonistas quando antecedido de uma pré-ativação mostraram bons resultados ao realizarem maior número de repetições, o que pode contribuir para maiores ganhos de força⁵⁻⁹. Apesar disso eles apresentam algumas limitações metodológicas, como: amostra heterogênea, diferentes perfis de treinamento e comparações entre diferentes manifestações de força. Outro aspecto quanto a metodologia é o fato de que a maioria dos estudos analisaram o desempenho quanto ao maior número de repetições realizadas. Haua *et al.*¹⁰ verificaram a influência da pré-ativação do antagonista com um protocolo de facilitação neuromuscular proprioceptiva denominado "3-S" (FNP-3S) sobre o desempenho de carga no teste de 10-RM. O protocolo tradicional realizava o teste e o reteste de 10-RM sem pré-ativação enquanto que o FNP-3S os indivíduos alongavam o antagonista até o limiar de amplitude, realizavam uma contração isométrica de 8 segundos e novamente eram alongados além do limite original. Observaram que a carga executada era significativamente maior no FNP-3S que no teste realizado sem pré-ativação.

A relação de volume e intensidade podem implicar em diferentes adaptações musculares, sendo o treinamento com maiores cargas mais eficazes para os ganhos de força, enquanto que um treinamento realizado com maiores repetições se caracteriza por representar uma maior resistência do músculo^{1,11,12}. O estudo se justifica e torna-se relevante por analisar a relação entre agonistas e antagonistas sobre a produção da força muscular, contribuindo com novas evidências a serem utilizadas que podem influenciar em uma prescrição de treinamento visando melhores desempenhos nos ganhos de força. Além disso, possui uma grande aplicabilidade prática, uma vez que os aparelhos utilizados são movidos por roldanas, comumente encontrados em

ambientes de treinamento. Portanto, o objetivo foi verificar o efeito da pré-ativação dos antagonistas (remada aberta sentado) sobre a determinação de carga no teste de 10 repetições máximas (RM) dos agonistas no exercício supino reto *smith* (SRS) em comparação ao protocolo sem pré-ativação (SPA) com indivíduos treinados.

Materiais e Métodos

Amostra

O n amostral foi determinado de forma não probabilística e a amostra foi selecionada de forma intencional, uma vez que os sujeitos que fizeram parte da amostra eram voluntários os quais se teve acesso. Participaram do estudo 14 sujeitos do sexo masculino com 25 ± 5 anos de idade, com no mínimo um ano de experiência em TF, com frequência semanal mínima de três sessões por semana, realizando 10-15 repetições e intervalos de 2 minutos em seus respectivos programas de TF. Antes de começar o teste, todos os voluntários responderam o questionário PAR-Q¹³, excluindo qualquer voluntário que tivesse resposta sim em qualquer uma das perguntas do questionário, bem como, apresentar problemas osteomioarticulares que viessem a interferir na realização dos exercícios propostos no presente estudo.

Todos assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido conforme legislação específica, lei 466/12 do Conselho Nacional de Saúde do Brasil de 10/10/1996, assim como, foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal do Rio de Janeiro, constando que os mesmos permanecerão em anonimato, sendo utilizado para publicação somente os dados estatísticos.

Os indivíduos foram orientados a não ingerir qualquer substância estimulante (caféina ou álcool) e não realizar atividade física com 24 horas de antecedência dos testes. As técnicas de execução dos exercícios foram padronizadas e seguidas em todos os testes. Destaca-se que o estudo possui validade interna, considerando

que se teve especial preocupação em controlar as variáveis e procurou para esse fim, deixar a amostra homogênea. Não houve qualquer tipo de conflito de interesses entre os autores para o desenvolvimento e publicação do estudo.

Teste de 10-RM

As cargas para 10-RM foram determinadas para cada sujeito no exercício remada aberta sentado (RAS) com intervalo de 48 horas entre sessões de teste. Inicialmente, os participantes da amostra realizaram o teste de 10-RM no exercício RAS, considerando a indicação do teste de repetições múltiplas para sujeitos adaptados ao TF³. A sobrecarga inicial para o teste de 10-RM¹⁴ foi o mesmo que o voluntário costumava utilizar nos seus treinos diários. Foram utilizadas entre duas e três tentativas para determinar a carga para 10-RM no exercício RAS. A coleta dos dados foi desenvolvida em duas sessões, com um intervalo entre elas de 48 horas, realizadas no mesmo turno para cada indivíduo

No aparelho de RAS, o indivíduo foi instruído a respeito da posição de frente para o espelho. Todo esse procedimento realizou-se sem utilização de carga. Após ter estabelecido a forma de execução do movimento, foi estabelecido à carga para execução de 10RM nos exercícios RAS e SRS, nos quais os voluntários foram orientados a executar os movimentos com velocidade máxima. O tempo de intervalo entre um exercício e outro foi em média de 10 minutos para obter fidedignidade no valor de carga verificada.

Protocolos Experimentais

Nas sessões 3, 4, 5 e 6, o teste e reteste de 10-RM para o exercício SRS foi aplicado em duas condições distintas através de entrada alternada: a) tradicional (SPA) – sem pré-ativação; b) pré-ativação dos antagonistas (PAA) – uma série no RAS foi aplicada até a falha, e seguida imediatamente pelo exercício SRS em cada tentativa, seguindo o protocolo do teste de 10-RM. Na primeira sessão foi explicada aos voluntários

a técnica de execução dos exercícios na qual as posições iniciais e finais foram reguladas pela medição das angulações do cotovelo e ombro por um goniômetro, concomitantemente marcadas com um esparadrapo no ferro do aparelho *smith* ao lado esquerdo, para assim facilitar a visualização do indivíduo nas posições do movimento. Caso o sujeito ultrapassasse 10 repetições ou não no SRS, a carga foi reduzida, aumentada ou mantida, ou seja, prosseguiu-se para a segunda ou terceira tentativa com o objetivo de encontrar a carga ideal para as 10-RM no SRS. Este processo foi realizado através de duas ou três tentativas com intervalo de 5 minutos. Com a finalidade de verificar as diferenças de valores de carga na realização de 10-RM no SRS sem pré-ativação e com pré-ativação na RAS, os sujeitos foram o tempo todo observados e motivados pelo pesquisador.

Visando reduzir a margem de erro nos testes, foram adotadas as seguintes estratégias¹⁵: (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. Destaca-se que tais exercícios foram selecionados devido a familiarização dos sujeitos com os movimentos e com o número de repetições do teste há pelo menos, um ano.

Posicionamento nos exercícios

A posição do indivíduo no SRS foi em decúbito dorsal no banco reto, com os dois pés no

chão. A posição inicial consta com a angulação do cotovelo a 90° e a final com a angulação do cotovelo a 0° e a do ombro em abdução e no final adução horizontal a 90°. A ação muscular na passagem da posição inicial para a final é concêntrica e da final para inicial é excêntrica. No momento do teste, o indivíduo não retirou o quadril nem a cabeça do banco.

Já na RAS o indivíduo permaneceu sentado no banco com os dois pés no chão e com o encosto apoiado no peito. A posição inicial foi regulada de forma que os cotovelos ficassem na angulação 0° com as mãos fazendo a pegada com a articulação radioulnar em pronação nas barras e ao final quando o indivíduo realizava a abdução horizontal com a articulação do ombro em abdução a 90°. A ação muscular na passagem da posição inicial para final é concêntrica e da final para inicial é excêntrica. No momento do teste o indivíduo não retirou o tórax do encosto.

Tratamento estatístico

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 (ICC) foi adotado para verificar a reprodutibilidade do teste de 10-RM. O teste T pareado foi aplicado para comparar a carga obtida no teste de 10-RM com e sem pré-ativação dos antagonistas, sendo adotado o valor de $p < 0,05$ para todas as análises inferenciais.

Resultados

Na Tabela 1 são apresentados os dados de caracterização da amostra como, idade, massa corporal, estatura, índice de massa corporal e experiência em TF.

Tabela 1: Caracterização da amostra: *Mé

Idade (anos)	Massa (kg)	Estatura (cm)	IMC (kg/m ²)	ETF (anos)
23,1 ± 2,4	87,4 ± 6,9	178,2 ± 0,15	24,7 ± 2,4	3,2 ± 2,5

IMC: Índice de Massa Corporal; ETF: Experiência em Treinamento de Força.

O coeficiente de correlação intraclassa (ICC) foram 0,91 e 0,98 para RAS e SRS, respectivamente. O Teste T pareado não indicou diferença significativa entre o teste e reteste de 10-RM. A Figura 1 apresenta a média da carga (kg) na realização de 10-RM no SRS sem a pré-ativação no RAS e o valor de carga de 10-RM no SRS após a pré-ativação na RAS.

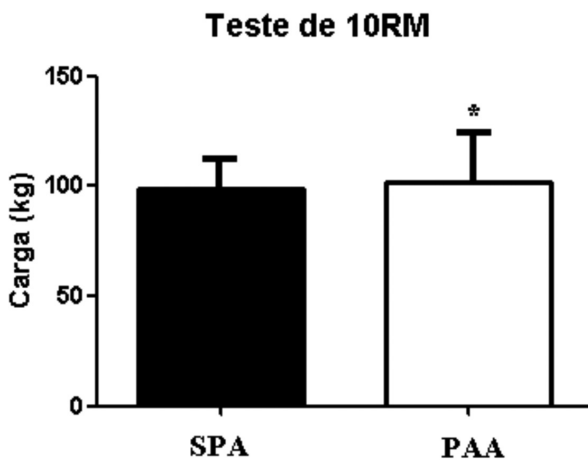


Figura 1: Média (barra) e desvio padrão (linha) da carga obtida no teste de 10-RM no SRS sem pré-ativação dos antagonistas (SPA) e após a pré-ativação dos antagonistas (PAA) no exercício de RAS.

* Diferença significativa para o modelo SPA ($p < 0,05$).

De acordo com os resultados (Figura 1), foi observada uma média para carga total de $99 \pm 10,5$ kg para a realização de 10-RM no SRS sem pré-ativação na RAS. Já a média quando se realizou a pré-ativação na RAS foi de $102,7 \pm 12,7$ kg. De acordo com os resultados, a pré-ativação de 10-RM dos antagonistas na RAS, seguida pela realização de 10-RM dos agonistas sem intervalo ocasionou aumento significativo de carga de 10-RM para o grupo muscular dos agonistas considerando $p < 0,05$.

Discussão

O principal achado do estudo foi o aumento significativo da carga obtida no SRS após a pré-ativação dos antagonistas no exercício RAS quando comparado ao protocolo realizado sem a pré-ativação. Tais achados corroboram com os estudos prévios onde visualizaram aumento do número de repetições máximas realizadas ou desempenho da força muscular por músculos agonistas a partir de uma pré-atividade de seus antagonistas^{5-10,17,18}. Entretanto, este foi o primeiro a analisar o desempenho da ótica da sobrecarga, realizando a pré-ativação do antagonista como uma ferramenta para melhorar o desempenho em um teste de carga máxima.

Paz *et al.*⁹ realizaram uma intervenção com 15 indivíduos familiarizados em TF onde o objetivo era analisar o efeito de diferentes protocolos de pré-ativação antagonista sobre o desempenho do exercício remada aberta. Foram utilizados como modelos de pré-ativação o alongamento estático do peitoral, FNP e a realização de um exercício de força para atividade antagonista, no caso o supino sentado na máquina. Com exceção do FNP, ambas as manipulações do antagonista contribuíram para um maior desempenho em número de repetições da remada aberta, destacando maior resultado significativo no exercício de força. Em outro estudo, Paz *et al.*⁸ realizaram séries múltiplas em dois protocolos de treinamento diferentes com 10 indivíduos com experiência em TF. Um protocolo denominado tradicional consistia em 3 séries no supino vertical e em seguida 3 séries na remada aberta com 2 minutos de intervalo entre séries e exercícios. Outro protocolo foi o pareado agonista-antagonista (PAA), onde o indivíduo realizava 3 séries alternadas, executando uma série no supino vertical e imediatamente após uma série de remada aberta e em seguida 2 minutos de intervalo. O PAA apresentou melhor desempenho no volume total de treinamento e foi mais eficiente, mostrando que alternar séries de exercícios com relação agonista-antagonista é uma alternativa de incrementar o volume do treinamento sem

comprometer o tempo da sessão, e se este for o objetivo do treino o método tradicional não parece boa opção.

Entre algumas hipóteses que justificam esse aumento de desempenho agonista estaria a pré-fadiga do antagonista e redução na co-contratação^{19,20} e o efeito facilitatório dos órgãos tendinosos de Golgi (OTG) no músculo pré-ativado²¹ e uma menor transição entre exercícios com relação agonista-antagonista pode influenciar nos achados. Neste sentido, Maia *et al.*²² analisaram diferentes intervalos entre a pré-ativação do antagonista no exercício mesa flexora e sua influência no desempenho subsequente da cadeira extensora em 15 indivíduos com experiência prévia em TF. Foi utilizado um protocolo em que o intervalo foi considerado nulo, onde o indivíduo só demoraria o suficiente para trocar de um aparelho para o outro, e outras 4 intervenções com intervalos de 30 segundos, 1, 3 e 5 minutos. O estudo mostrou que maiores repetições foram executadas nas abordagens em que o menor intervalo foi utilizado, nesse caso, o protocolo de intervalo nulo, de 30 segundos e de 1 minuto. Em outro estudo, Carregaro *et al.*⁵ fizeram uma intervenção em 24 indivíduos ativos que realizariam 3 protocolos distintos. O protocolo múltiplas séries consistia em realizar primeiro as séries de flexão de joelho e em seguida as de extensão de joelho. Outro foi denominado “super-set” consistia em uma série de flexão de joelho e em seguida uma série de extensão de joelho. E o por último o “reciprocal action” que o indivíduo realizava uma série que consistia em uma repetição de flexão de joelho seguida de uma extensão de joelho. Todos os protocolos foram realizados com 4 séries de 10 repetições, intervalo de 1 minuto e carga de 60% no isocinético. O treino “reciprocal action” obteve melhor desempenho a partir da menor redução do volume de treinamento ao longo das séries, seguido pelo protocolo “super-set”, mostrando que quanto menor for esse intervalo entre a pré-ativação e a ação agonista, melhores os resultados.

Alguns aspectos são importantes a serem destacados, como: a) a utilização de aparelhos movidos por roldanas e pesos livres onde possuem grande aplicação prática, contrariamente a estudos prévios que realizaram os protocolos de pré ativação em aparelhos isocinéticos^{5,6}; b) a análise de desempenho da força a partir do incremento de carga indicando que a pré-ativação é eficiente como um estímulo para fases de treinamento com estagnação da sobrecarga, além de diferentemente da maioria dos estudos prévios que analisaram o desempenho a partir da capacidade de resistência muscular com o aumento do número de repetições realizadas^{5-9,17,18}; c) e a imediata transferência da pré-ativação antagonista, que influencia na melhora do desempenho do exercício do músculo agonista, tanto no aumento do volume da sessão quanto a capacidade de geração de força.

Apesar dos resultados, destaca-se algumas limitações presentes no estudo como o fato de não ter sido utilizadas técnicas como, a eletromiografia, para avaliar atividade muscular dos agonistas e antagonistas durante os protocolos de pré-ativação. Apesar da amostra utilizada consistir de indivíduos bem treinados, com experiência superior a 3 anos outros fatores como predominância do tipo de fibras utilizadas e diferentes composições corporais, outras intensidades de treinamento e exercícios para segmentos corporais distintos que podem apresentar diferentes desfechos. A evidência do aumento da sobrecarga no teste a partir de uma pré-ativação não indica aumento de força superiores e estudos crônicos nesse sentido devem ser realizados.

Sendo assim, no presente estudo verificou-se aumento significativo na carga obtida no teste de 10-RM completadas no SRS após a pré-ativação dos antagonistas no exercício de RAS comparado ao protocolo sem pré-ativação. Portanto, a pré-ativação dos antagonistas através de exercícios resistidos para o membro superior pode promover aumento significativo na carga para 10-RM quando aplicado em indivíduos treinados se comparado com o modelo tradicional do teste.

Referências

- Schoenfeld BJ, Peterson MD, Ogborn D, Contreras B, Sonmez GT. Effects of low- versus high-load resistance training on muscle strength and hypertrophy in well-trained men. *J of Strength and Cond Res*, 2015, *In press*.
- Folland, JP, Williams, AG. The Adaptations to strength training: morphological and neurological contributions to increased strength. *Sports Medicine*. 2007;37(2):145-68.
- Kraemer WJ, Adams K, Cafarelli E, Dudley GA, Dooly C, Feigenbaum MS et al. American College of Sports Medicine Position Stand. Progressions models in resistance training for healthy adults. *Med Sci Sports Exerc*. 2002;34(2):364-80.
- 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.
- Carregaro R, Cunha R, Oliveira CG, Brown LE, Bottaro M. Muscle fatigue and metabolic responses following three different antagonist pre-load resistance exercises. *J of Electromyography and Kinesiology*, 2013, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jelekin.2013.04.010>
- Carregaro R, Cunha RR, Cardoso JR, Pinto RS, Bottaro M. Effects of different methods antagonist pre-activation on knee extensors neuromuscular responses. *Rev Bras Fisioter* 2011;15(6):452-459.
- Miranda H, Maia MF, Paz GA, Costa PB. Acute effects of antagonist static stretching in the inter-set rest period on repetition performance and muscle activation. *Research in Sports Medicine*. 2015;23(1):37-50.
- Paz GA, Maia MF, Lima VP, Miranda H. Efeito do método agonista-antagonista comparado ao tradicional no volume e ativação muscular. *Rev Bras Ativ Fis & Saúde* 2014;19(1):56-65.
- Paz GA, Willardson J, Simao R, Miranda H. Effects of different antagonist protocols on repetition performance and muscle activation. *Med Sport* 2013;17(3):106-112
- Haua R, Paz GA, Maia MF, Lima VP, Cader SA, Dantas EHM. Efeito da facilitação neuromuscular proprioceptiva-3s nos antagonistas sobre a determinação da carga no teste de 10RM. *Revista Brasileira de Ciências da Saúde* 2013;11(38).
- Schoenfeld BJ, Wilson JM, Lowery RP, Krieger JW. Muscular adaptations in low- versus high-load resistance training: A meta-analysis. *European Journal of Sport Science* 2014;DOI:10.1080/17461391.2014.989922.
- Van Roie E, Delecluse C, Coudyzer W, Boonen S, Bautmans, I. Strength training at high versus low external resistance in older adults: effects on muscle volume, muscle strength, and force-velocity characteristics. *Experimental Gerontology* 2013;48(11):1351-1361.
- American CSM. Guidelines for Exercise Testing and Prescription. 8 ed. Philadelphia: The Point; 2009.
- Baechle TR, Earle RW. Essentials of strength training and conditioning Champaign: Human Kinetics; 2000.
- Simao R, Farinatti PT, Polito MD, Maior AS, Fleck SJ. Influence of exercise order on the number of repetitions performed and perceived exertion during resistance exercises. *J Strength Cond Res*. 2005;19(1):152-6.
- 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. *International Journal of General Medicine*. 2012;5(1):123-7.
- Gomes FD, Vieira W, de Souza LM, Paz GA, Lima VP. Desempenho de repetições máximas após facilitação neuromuscular proprioceptiva aplicada nos músculos agonistas e antagonistas. *ConScientiae Saúde*. 2014;13(2):252-258.
- Green HJ. Mechanisms of muscle fatigue in intense exercise. *J Sport Sci* 15: 247-256, 1997.
- Robergs RA, Ghiasvand F, Parker D. Biochemistry of exercise induced metabolic acidosis. *American Journal Physiology*. 2004;287(3):502-516.
- Maia MF, Willardson JM, Paz GA, Miranda H. Effects of different rest interval between antagonist paired sets on repetition performance and muscle activation. *J of Strength and Con Res*. 2014;28(9):2529-2535.
- Roy MA, Sylvestre M, Katch FI, Lagasse PP. Proprioceptive facilitation of muscle tension during unilateral and bilateral knee extension. *International Journal of Sports Medicine*. 1990;11(4):289-292.

