



ConScientiae Saúde

ISSN: 1677-1028

conscientiaesaude@uninove.br

Universidade Nove de Julho

Brasil

Gonçalves Corrêa, Marcio; Rodrigues Carvalho, Éder; Nascimento Borges, Eladio; de Oliveira, Euzébio; de Araújo Farias, Déborah
Efeitos do método pareado agonista-antagonista utilizando séries múltiplas sobre o desempenho de repetições máximas para membros inferiores
ConScientiae Saúde, vol. 16, núm. 4, 2017, pp. 409-416
Universidade Nove de Julho
São Paulo, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=92954126003>

- Como citar este artigo
- Número completo
- Mais artigos
- Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica

Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal

Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

Efeitos do método pareado agonista-antagonista utilizando séries múltiplas sobre o desempenho de repetições máximas para membros inferiores

Effects of the agonist-antagonist paired sets method using multiple sets on maximum number of repetitions performance for lower limbs

Marcio Gonçalves Corrêa¹; Éder Rodrigues Carvalho¹; Eladio Nascimento Borges¹; Euzébio de Oliveira^{2,3}; Déborah de Araújo Farias^{4,5}.

¹Graduando em Educação Física – Universidade Federal do Pará - UFPA – Campus Castanhal. Castanhal, PA – Brasil.

²Professor Adjunto da Faculdade de Educação Física – Universidade Federal do Pará - UFPA – Campus Castanhal. Castanhal, PA – Brasil.

³Doutor em Doenças Tropicais – Universidade Federal do Pará – UFPA – Belém, PA – Brasil.

⁴Professora Substituta da Faculdade de Educação Física – Universidade Federal do Pará - UFPA – Castanhal, PA – Brasil.

⁵Doutoranda em Educação Física – Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ. Rio de Janeiro, RJ - Brasil.

Endereço para Correspondência:

Déborah de Araújo Farias
Universidade Federal do Pará, Campus Castanhal,
Faculdade de Educação Física
68746-630 – Castanhal - PA [Brasil]
dafkuat@gmail.com

Resumo

Introdução: O método pareado agonista-antagonista (PAA) consiste em estimular previamente a musculatura antagonista do grupo muscular que se deseja otimizar, aumentando a ativação neural e força dos músculos agonistas. **Objetivo:** Comparar o método tradicional vs PAA sobre o trabalho total (TT) e volume de treinamento (VT) no exercício cadeira extensora (CE). **Métodos:** Doze mulheres treinadas realizaram dois protocolos experimentais randomizados: método tradicional - quatro séries da CE até a falha concêntrica; método PAA: quatro séries de mesa flexora (MF) + CE até a falha concêntrica. Foi dado um intervalo de 30 segundos entre os dois exercícios. **Resultados:** Pôde-se observar diferença significativa tanto no TT como VT, para o método PAA quando comparado ao tradicional. **Conclusão:** Sugere-se assim que o método PAA apresenta-se como melhor estratégia para otimização do desempenho de repetições máximas se comparado ao método tradicional, além de apresentar possibilidade de redução no tempo despendido para o treinamento.

Descritores: Exercício; Desempenho; Força muscular; Treinamento de resistência.

Abstract

Introduction: The agonist-antagonist paired set method (PAA) consists of previously stimulating the antagonist muscle of the muscle group to be optimized, increasing the neural activation and agonist muscle strength. **Objective:** To compare the traditional method vs PAA on total work (TT) and training volume (VT) in the leg extension exercise (LE). **Methods:** Twelve trained women performed two randomized experimental protocols: traditional method - four LE sets until a concentric failure; PAA Method: four sets of leg curl (LC) + CE until a concentric failure. An interval of 30 seconds was given between the two exercises. **Results:** A significant difference was observed in both TT and VT, for the PAA method compared to the traditional method. **Conclusion:** It is suggested that the PAA method presents itself as a better strategy for optimizing the maximum number of repetitions performance when compared to the traditional method, in addition to the possibility of reducing the length of training.

Keywords: Exercise; Performance; Muscle strength; Strength training.

Introdução

O treinamento de força (TF) tem sido enfatizado como primordial para o condicionamento físico geral, melhora na qualidade de vida, promoção à saúde, prevenção as diversas doenças e reabilitação¹⁻⁴. Além desses benefícios, atletas de alto rendimento podem apresentar melhorias no desempenho através das adaptações oriundas do exercício, dentre elas o desenvolvimento de resistência, potência, hipertrofia e força muscular^{5,6}.

Dentro do TF, diversos métodos são aplicados com o intuito de maximizar as diferentes manifestações da força como resistência muscular localizada, hipertrofia, força e potência muscular⁷. Os métodos são conjuntos de exercícios e manipulações específicas que visam objetivos previamente planejados, representando assim os caminhos para alcançar determinado fim. Tais métodos são manipulados através das variáveis metodológicas como volume, intensidade, frequência, densidade, ordem dos exercícios, cadências do movimento, entre outras⁸ e, certamente, estas favorecem diferentes estímulos neurais, metabólicos, hormonais e do sistema circulatório, o que potencialmente proporciona resultados distintos^{9,10}.

Dentre os métodos utilizados para otimização do desempenho da força, pode-se destacar o método pareado agonista-antagonista (PAA). Este método é caracterizado pela execução de uma série de um exercício para o grupamento antagonista previamente à série do grupamento que se deseja otimizar (agonista)⁵. A eficácia de tal método se embasa na inibição da ação do órgão tendinoso de Golgi (OTG) dos músculos antagonistas após serem pré-ativados no primeiro exercício, possivelmente promovendo uma redução na co-ativação muscular da musculatura antagonista, aumentando a ativação neural e força dos músculos agonistas. O OTG é um proprioceptor responsável por controlar a tensão muscular, ativando a musculatura antagonista para refrear a contração dos músculos agonistas do movimento, promovendo o relaxamento dos

mesmos¹¹. Tal ação se dá de forma preventiva para evitar possíveis lesões, conforme inferido por Kistemaker et al.¹².

A partir disso, Balsamo et al.¹³ avaliaram a ordem dos exercícios utilizando o método PAA durante flexão e extensão de joelhos sobre o volume total de treinamento e percepção subjetiva de esforço. Os autores analisaram três séries de flexão seguida de extensão, bem como a ordem inversa, com intervalo de recuperação (IR) de 90 segundos entre as séries, na qual foi observada maior volume total de treinamento quando a flexão precedeu a extensão. Por outro lado, Maia et al.¹⁴ compararam diferentes IR (imediatamente após, 30 segundos, um minuto, três minutos e cinco minutos) entre os exercícios mesa flexora e cadeira extensora, utilizando o método tradicional (apenas cadeira extensora) versus o método PAA (cadeira flexora + cadeira extensora). Os autores utilizaram, ainda, o modelo de série única para analisar o desempenho máximo de repetições e constataram que os intervalos mínimos (imediatamente após, 30 segundos e um minuto) são mais indicados para um maior desempenho de repetições. Em contrapartida, Maynard e Ebben¹⁵ observaram diminuição do torque muscular e da atividade mioelétrica dos músculos agonistas do movimento ao realizar uma série de flexão do joelho seguida de uma série de extensão do joelho no isocinético. Dessa forma, observa-se uma lacuna na literatura referente à comparação do método PAA ao tradicional, adotando séries múltiplas e IR mais curtos, tendo em vista que alguns estudos que analisaram tal método, utilizaram IR de um minuto e meio a dois minutos^{16,17}, bem como modelos de séries simples^{14,17}.

A relevância do presente estudo se baseia na possibilidade de uma melhor organização e planejamento na prescrição do TF, otimizando tanto desempenho da força como duração das sessões de treino, visando otimizar os resultados dos praticantes de treinamento de força. Portanto, objetivo do presente estudo foi comparar os efeitos do método tradicional (apenas cadeira extensora) versus pareado agonista-an-

tagonista (mesa flexora + cadeira extensora) sobre o trabalho total e volume de treinamento em membros inferiores utilizando séries múltiplas.

Materiais e métodos

Amostra

O presente estudo se tratou de um ensaio clínico *crossover*. Participaram do estudo 12 indivíduos do gênero feminino ($24,14 \pm 5,8$ anos, $161,85 \pm 3,2$ cm, $60,43 \pm 7,5$ kg sem controle do ciclo menstrual) com no mínimo 6 meses de experiência no treinamento de força. Foram excluídos do estudo as participantes que apresentassem alguma patologia que pudesse ser agravada durante a realização dos exercícios sugeridos e participantes que possuísssem alterações osteomioarticulares. Como critérios de inclusão foram adotados: ter faixa etária variando entre 20 e 30 anos de idade, possuir no mínimo seis meses de experiência no TF, ser do gênero feminino. Foi considerado perda, as participantes que não realizassem algum dos protocolos propostos. As participantes foram instruídas a não realizarem exercícios adicionais para membros superiores durante o período de coleta.

Todo procedimento de coleta de dados foi realizado no laboratório de treinamento de força da UFPA (Universidade Federal do Pará – Campus Castanhal), na cidade de Castanhal – PA, entre os dias 09/01/2017 e 30/01/2017.

Procedimento experimental

O estudo foi desenvolvido em três etapas. Durante a primeira visita ao laboratório, foi feito um esclarecimento do procedimento experimental e, em caso de aceitação das participantes, foi-lhes entregue o termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE) para que assinassem consentindo participação na pesquisa. A segunda visita teve como finalidade a aplicação do teste de dez repetições máximas (10RM) para os exercícios cadeira extensora (CE) e mesa flexora (MF) e na terceira visita foram

realizados os procedimentos experimentais, que foram aplicados após intervalo de 48 a 72 horas do teste de 10RM. O projeto foi submetido ao comitê de ética em Pesquisa sob o protocolo CAAE 11896613.2.0000.5257, conforme resolução 466/2012 do Conselho Nacional de Saúde para pesquisa com seres humanos.

Instrumentos de coleta

Teste de dez repetições máximas (10RM)

Para o teste de 10RM, as participantes foram orientadas a não realizar nenhum tipo de exercício nas 48 horas que antecederam o teste. Durante o teste de 10RM, foram realizadas no máximo cinco tentativas para cada exercício, com descanso de cinco minutos entre tentativas e 10 minutos de intervalo de recuperação (IR) entre os exercícios (CE e MF). Foram aplicadas duas séries de aquecimento com carga subjetiva de 50% da carga de 10RM, com 1 minuto de IR entre as séries de aquecimento e dois minutos de IR entre o último aquecimento e a primeira tentativa do teste¹⁸.

Medidas Antropométricas

Foram mensuradas a estatura e massa corporal. A mensuração da massa corpórea (kg) foi realizada em uma balança digital de marca Toledo 2096 PP (São Bernardo do Campo, SP, Brasil) enquanto a estatura (cm) foi mensurada com um estadiômetro da marca Wiso (Florianópolis, SC, Brasil).

Volume de Treinamento (VT) e trabalho total (TT)

A equação: (n° de séries \times n° de repetições \times carga) foi utilizada para quantificar o VT para cada exercício. O trabalho total (TT) foi calculado como o somatório das repetições no decorrer das quatro séries para cada exercício¹⁹.

Sessão de exercícios

Após 48 horas do teste de 10RM, foi dado início aos protocolos experimentais. Foi reali-

zado um aquecimento que consistiu de 20 repetições com uma carga de 50% da carga de 10RM obtida através do teste de repetições máximas. Após o aquecimento, foi dado um IR de dois minutos para assim, ser realizado o primeiro protocolo experimental¹⁸. Os protocolos se iniciaram sempre com o método tradicional, caracterizado por 4 séries do exercício CE até a falha concêntrica. Após 20 minutos de intervalo de recuperação, foi aplicado o método PAA, caracterizado por 4 séries de MF seguida de CE até a falha concêntrica. Foi utilizado um intervalo de 30 segundos entre os dois exercícios no método PAA¹⁴, e IR de dois minutos entre as séries tanto no protocolo tradicional como no PAA. A carga de 100% de 10RM foi adotada em ambos os exercícios.

Análise Estatística dos Dados

A análise descritiva dos resultados foi expressa através de média e desvio padrão (DP). O teste de Shapiro-Wilk e homocedasticidade (critério de Bartlett) mostrou que todas as variáveis apresentaram distribuição normal e homocedasticidade. A análise Two-way de medidas repetidas de variância (ANOVA) foi utilizada para determinar se houve efeitos significativos ou interações para os diferentes métodos nas quatro séries para o desempenho de repetições. Foram empregados, quando necessário, testes post-hoc usando a correção de LSD (*least-significance difference*). Uma ANOVA One-way para medidas repetidas foi utilizada para determinar se houve efeitos significativos para o volume de treinamento (carga x repetições x séries) e trabalho total (somatório das repetições no decorrer das quatro séries para cada exercício) no exercício cadeira extensora. Foram empregados, quando necessário, testes post-hoc usando a correção de LSD. O nível de significância estatística foi estabelecido em $p \leq 0,05$ para todos os testes. A análise estatística foi realizada com o SPSS versão 22.0 para Mac (Chicago, IL, EUA).

Resultados

Foram notadas diferenças significativas no TT ($p = 0,003$) e VT ($p = 0,002$) quando o método PAA foi realizado comparado ao método tradicional (Tabela 1).

Tabela 1: Média e desvio padrão do trabalho total e volume de treinamento para o exercício cadeira extensora

| Método | Trabalho Total (TT) | Volume de Treinamento (VT) |
|--------------------------------|---------------------|----------------------------|
| Tradicional | 39 ± 10,08 | 12068,57 ± 3957,15 |
| Pareado Agonista - Antagonista | 47,14 ± 8,05* | 14560 ± 4139,75* |
| <i>p</i> | 0,003 | 0,002 |

* diferença significativa para o método tradicional ($p < 0,05$).

A Figura 1 apresenta o número de repetições por série tanto no método tradicional como no método PAA. Foram observadas diferenças significativas intra-séries tanto no método tradicional como PAA. Apenas na quarta série foi observada diferença significativa inter-séries no método PAA quando comparado ao tradicional.

Discussão

Os resultados encontrados no presente estudo apontaram superioridade do método PAA quando comparado ao tradicional tanto no volume de treinamento como trabalho total. Corroborando o nosso estudo, Balsamo et al.¹³ observaram maior VT ao realizar um exercício de flexão dos joelhos seguido da extensão desta articulação, quando comparados à sequência inversa dos exercícios, ao avaliarem o efeito da ordem dos exercícios (extensão e flexão de joelhos) sobre o VT e percepção subjetiva de esforço utilizando o método PAA. Contrastando com os estudos supracitados, Maynard e Ebben¹⁵ avaliaram os efeitos da pré-fadiga dos isquiossurais sobre o pico de torque, pico de potência, tempo do pico de torque, pico de torque em di-

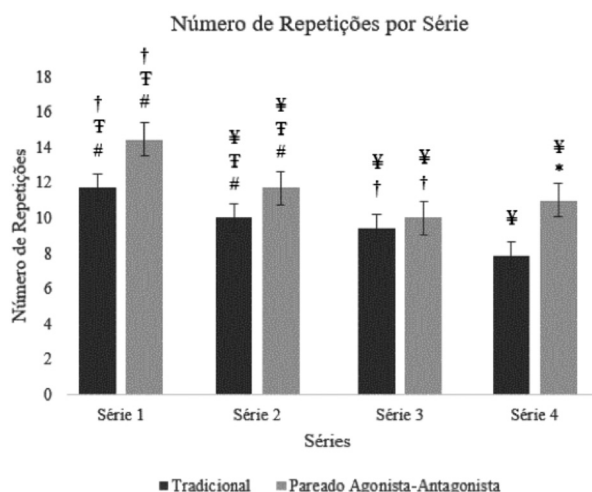


Figura 1: Média e Desvio padrão do desempenho de repetições na cadeira extensora durante os métodos tradicional vs. Pareado agonista-antagonista

¥ Diferença significativa intra-série para a primeira série; † diferença significativa intra-série para a segunda série; T diferença significativa intra-série para a terceira série; # diferença significativa intra-série para a quarta série; * diferença significativa inter-série para a quarta série.

ferentes ângulos do joelho e atividade mioelétrica de quadríceps e isquiossurais, utilizando velocidades variadas de extensão do joelho em um exercício isocinético após pré-fadiga dos isquiossurais, em 20 homens adultos. Os autores observaram menor pico de torque na extensão de joelhos, sendo justificado através de uma interação de duas vias: a fadiga mais o controle da velocidade. Assim, possivelmente, estes são os fatores que levaram às divergências nos resultados, pois no presente estudo, não houve o controle da velocidade do movimento.

Uma possível explicação para a melhoria do desempenho da força durante a realização do método PAA pode estar relacionada ao proprioceptor denominado Órgão tendinoso de Golgi (OTG), localizado dentro do tendão muscular, em série com as fibras extrafusais. Este proprioceptor atua como um dispositivo de segurança contra o aumento de força excessiva durante a contração do músculo, inibindo a contração do

grupamento muscular agonista, recrutando o grupamento antagonista através de um interneurônio quando a tensão encontra-se em níveis críticos¹². Assim, após a pré-ativação dos antagonistas no primeiro exercício, este mecanismo seria responsável pela inibição neurológica deste grupamento muscular, resultando no aumento da ativação neural e força dos músculos agonistas. Em sua revisão de literatura, Robbins et al.⁵ afirmam que este é o mecanismo para embasar a superioridade do método PAA em relação ao tradicional, conforme constatado também para o VT e TT no presente estudo. Dessa forma, podemos inferir que a inibição causada pelo OTG no grupamento muscular antagonista (isquiossurais) durante o método PAA, foi a chave para o aumento do desempenho da força durante a realização da cadeira extensora.

Ainda neste sentido, Maia et al.¹⁴ buscaram analisar os efeitos de diferentes IR entre séries pareadas agonista-antagonista sobre o desempenho de repetições e atividade mioelétrica de quadríceps. Os autores observaram que quanto menores os intervalos (imediatamente após, 30 segundos e um minuto) maior foi o desempenho de repetições se comparados aos IR mais longos (três e cinco minutos). Em contrapartida, Paz et al.¹⁷, avaliaram o método tradicional vs. PAA no exercício remada baixa em 15 homens adultos, adotando o tempo de recuperação de 2 minutos entre os exercícios remada baixa (método tradicional) e supino reto seguido remada baixa (PAA), na qual o resultado foi superior para o PAA. O presente estudo adotou o IR entre os exercícios de 30 segundos, sendo que no decorrer das quatro séries, foi observado um maior número de repetições quando o método PAA foi utilizado se comparado ao método tradicional, exceto na terceira série quando comparada à quarta série em ambos os métodos, bem como foi observada diferença significativa no número de repetições na quarta série do método PAA quando comparado ao tradicional. Paz et al.¹⁶ também avaliaram os efeitos do método PAA com 11 mulheres adultas treinadas recreacionalmente, utilizando diferentes ordens para

os exercícios de extensão e flexão do cotovelo com dois minutos de IR entre mesmos, não sendo observadas diferenças significativas entre as ordens. Porém, a explicação para tal resultado pode ter sido o intervalo entre os exercícios, o qual foi suficiente para uma boa recuperação do grupamento muscular previamente ativado²⁰, dessa forma não havendo o efeito da fadiga causada pela pré-ativação a qual dá base para o método PAA.

A fadiga muscular é gerada por diversos fatores, levando à queda do desempenho, sendo as fontes energéticas fatores determinantes nesse processo. Nesse sentido, uma das fontes de energia que contribuem para o desenvolvimento do exercício é o sistema fosfagênico, pois assim como a adenosina trifosfato (ATP) a fosfocreatina (Cr-P) é armazenada na célula. Para ocorrer a contração muscular o ATP se fosforila em ADP (adenosina difosfato) liberando um fosfato inorgânico (Pi) e energia para contração. Quando a célula precisa de um grande aporte energético a fosfofretina doa uma molécula de fosfato de creatina, a qual se liga no ADP para ressintetizar o ATP. No entanto, este mecanismo atua por apenas alguns segundos nesse suporte de energia e precisa de um tempo superior a 1 minutos para se recuperar totalmente²¹. Dessa forma, a afirmação de Baker et al.¹⁶ fornece base para alicerçar os resultados do presente estudo, a partir da fadiga muscular, visto que os melhores desempenhos obtidos no método PAA durante intervalos mínimos, certamente estão relacionados a esta recuperação insuficiente de energia para uma boa co-ativação dos flexores durante a extensão de joelhos, levando a uma facilitação neuromuscular para o segundo exercício do método PAA¹⁴.

Este estado de fadiga é causado pela série que precede o exercício principal, a qual é executada até a falha concêntrica¹⁷. Assim, o intervalo de recuperação pode também ter sido o principal responsável pelo melhor desempenho do PAA no presente estudo¹⁴. A ressíntese das fontes de energia é um fator primordial para o bom desempenho no TF, sendo necessário um inter-

valo de tempo adequado para que esse aporte energético seja reestabelecido, o que pode demorar até 3 minutos^{20, 22}. Assim, seria possível inferir que o tempo mínimo entre as sessões pode ter causado déficits na contração do grupamento muscular antagonista e, por consequência a diminuição na inibição recíproca destes músculos durante o exercício de extensão.

Vale ressaltar ainda, quanto ao método PAA, que o mesmo pode ser utilizado como uma estratégia para otimização do tempo de utilização do salão de musculação^{16, 23}. Ao utilizar exercícios de forma conjugada, bem como com intervalos de recuperação mais curtos, não apenas é possível obter melhorias no desempenho da força de membros inferiores como foi constatado no presente estudo, como também o tempo das sessões de treinamento são diminuídas⁵. Paz et al.²⁴, também inferiram em seu estudo que este método é um importante aliado para otimizar o tempo de treinamento, pois é possível desenvolver força e potência em curtos espaços de tempo, gerando benefícios os praticantes de TF. Dessa forma, os resultados do presente estudo vão ao encontro do proposto pelo autor supracitado.

O presente estudo teve como limitações a não utilização da eletromiografia de superfície para analisar a atividade dos grupamentos musculares de flexores e extensores do joelho. Não foi possível também realizar o controle do ciclo menstrual, hidratação, nutrição ou ingestão de recursos ergogênicos das participantes.

Conclusão

Conclui-se, assim, que o exercício CE, quando realizado precedido do exercício MF (método PAA), apresenta maiores TT e VT, podendo ser uma melhor estratégia para otimização do desempenho da força se comparado ao método tradicional, além de apresentar possibilidade de redução no tempo despendido durante as sessões de treinamento de força. Tal estratégia pode ser bem aplicável para praticantes com uma menor disponibilidade de tempo para a prática regular

de exercícios físicos. A partir desses resultados pede-se concluir que o método PAA, pode ser uma importante estratégia para desenvolver um treinamento que demande menor tempo, porém com a mesma eficácia e desempenho quando o objetivo for melhoria do desempenho da força de membros inferiores.

Referências

- Borde R, Hortobagyi T, Granacher U. Dose-Response Relationships of Resistance Training in Healthy Old Adults: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports medicine (Auckland, NZ)*. 2015;45(12):1693-720.
- Song WJ, Sohng KY. Effects of progressive resistance training on body composition, physical fitness and quality of life of patients on hemodialysis. *Journal of Korean Academy of Nursing*. 2012;42(7):947-56.
- Gray M, Di Brezzo R, Fort IL. The effects of power and strength training on bone mineral density in premenopausal women. *The Journal of sports medicine and physical fitness*. 2013;53(4):428-36.
- Behm DG, Young JD, Whitten JHD, Reid JC, Quigley PJ, Low J, et al. Effectiveness of Traditional Strength vs. Power Training on Muscle Strength, Power and Speed with Youth: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Frontiers in Physiology*. 2017;8(423).
- Robbins DW, Young WB, Behm DG, Payne WR. Agonist-antagonist paired set resistance training: a brief review. *Journal of strength and conditioning research*. 2010;24(10):2873-82.
- Granacher U, Lesinski M, Büsch D, Muehlbauer T, Prieske O, Puta C, et al. Effects of Resistance Training in Youth Athletes on Muscular Fitness and Athletic Performance: A Conceptual Model for Long-Term Athlete Development. *Frontiers in Physiology*. 2016;7:164.
- Naclerio F, Faigenbaum AD, Larumbe-Zabala E, Perez-Bibao T, Kang J, Ratamess NA, et al. Effects of different resistance training volumes on strength and power in team sport athletes. *Journal of strength and conditioning research*. 2013;27(7):1832-40.
- Simao R, de Salles BF, Figueiredo T, Dias I, Willardson JM. Exercise order in resistance training. *Sports medicine (Auckland, NZ)*. 2012;42(3):251-65.
- Tillin NA, Pain MT, Folland JP. Short-term training for explosive strength causes neural and mechanical adaptations. *Exp Physiol*. 2012;97(5):630-41.
- Carregaro R, Cunha R, Oliveira CG, Brown LE, Bottaro M. Muscle fatigue and metabolic responses following three different antagonist pre-load resistance exercises. *Journal of electromyography and kinesiology : official journal of the International Society of Electrophysiological Kinesiology*. 2013;23(5):1090-6.
- Chalmers G. Strength training - Do Golgi tendon organs really inhibit muscle activity at high force levels to save muscles from injury, and adapt with strength training? *Sports Biomechanics*. 2002;1(2):239-49.
- Kistemaker DA, Van Soest AJK, Wong JD, Kurtzer I, Gribble PL. Control of position and movement is simplified by combined muscle spindle and Golgi tendon organ feedback. *Journal of Neurophysiology*. 2013;109(4):1126-39.
- Balsamo S, Tibana RA, Nascimento DdC, de Farias GL, Petrucci Z, de Santana FdS, 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;5:123-7.
- Maia MF, Willardson JM, Paz GA, Miranda H. Effects of different rest intervals between antagonist paired sets on repetition performance and muscle activation. *Journal of strength and conditioning research*. 2014;28(9):2529-35.
- Maynard J, Ebben WP. The effects of antagonist pre-fatigue on agonist torque and electromyography. *Journal of strength and conditioning research*. 2003;17(3):469-74.
- Paz G, Maia MF, Farias D, Miranda H. Maximal repetition performance and muscle activation of biceps brachii and triceps brachii during agonist-antagonist paired set adopting different exercise order. *Gazz Med Ital - Arch Sci Med*. 2016;175(1-2):1-9.
- Paz GA, Willardson JM, Simão R, Miranda H. Effects of different antagonist protocols on repetition performance and muscle activation. *Med Sport*. 2013;17(3):106-12.



18. Farias DA, Willardson JM, Paz GA, Bezerra ES, Miranda H. Maximal Strength Performance and Muscle Activation for the Bench Press and Triceps Extension Exercises Adopting Dumbbell, Barbell, and Machine Modalities Over Multiple Sets. *Journal of strength and conditioning research*. 2017;31(7):1879-87.
19. Steele J, Fisher JP, Assunção AR, Bottaro M, Gentil P. The role of volume-load in strength and absolute endurance adaptations in adolescent's performing high- or low-load resistance training. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*. 2016;42(2):193-201.
20. AMERICAN COLLEGE OF SPORTS. American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. *Medicine and science in sports and exercise*. 2009;41(3):687-708.
21. Baker JS, McCormick MC, Robergs RA. Interaction among Skeletal Muscle Metabolic Energy Systems during Intense Exercise. *Journal of Nutrition and Metabolism*. 2010;2010:13.
22. Jambassi Filho JC, Gobbi LTB, Gurjão ALD, Gonçalves R, Prado AKG, Gobbi S. Effect of Different Rest Intervals, Between Sets, on Muscle Performance During Leg Press Exercise, in Trained Older Women. *Journal of Sports Science & Medicine*. 2013;12(1):138-43.
23. Paz G, Robbins DW, de Oliveira CG, Bottaro M, Miranda H. Volume Load and Neuromuscular Fatigue During an Acute Bout of Agonist-antagonist Paired-set Versus Traditional-set Training. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2015;Publish Ahead of Print.
24. Paz GA, Robbins DW, de Oliveira CG, Bottaro M, Miranda H. Volume Load and Neuromuscular Fatigue During an Acute Bout of Agonist-Antagonist Paired-Set vs. Traditional-Set Training. *Journal of strength and conditioning research*. 2017;31(10):2777-84.