

EFEITOS DE DIFERENTES PROTOCOLOS DE PRÉ-ATIVAÇÃO ANTAGONISTA CONTRALATERAL SOBRE O DESEMPENHO DE REPETIÇÕES MÚLTIPLAS

Felipe Bastos Cabral^{1,2,3} Anderson Souza² Igor Nasser^{1,3} Humberto Miranda^{1,3} Gabriel Paz^{1,2,3}

Resumo: A educação cruzada corresponde a uma adaptação neural em que ocorre melhoria de desempenho do membro não treinado após um período de prática unilateral do membro contralateral. A co-ativação da musculatura antagonista também corresponde a um fenômeno neural que pode limitar a produção de força e estratégias de como a pré-ativação procuram melhorar o desempenho. A combinação de ambos pode resultar em aumento de desempenho no treinamento de força. O objetivo do estudo foi investigar os efeitos de diferentes protocolos de pré-ativação antagonista contralateral sobre o desempenho de repetições múltiplas. Quinze mulheres treinadas realizaram a pré-ativação da musculatura antagonista contralateral de forma unilateral em quatro protocolos distintos: no protocolo preferido e não preferido flexor-extensor era realizado a CF do membro preferido ou não e em seguida a CE do membro contralateral. No protocolo preferido e não preferido extensor-flexor era realizado a CE do membro preferido ou não preferido e em seguida a CF do membro contralateral. Eram realizadas três séries usando cargas máximas de dez repetições com intervalo de dois minutos. Em relação à CE, verificou-se volume de treinamento (VTT) significativamente maior no protocolo flexor-extensor (23,5s). Quanto a CF, verificou-se resultado significativamente maior no protocolo extensor-flexor (10,6%; 22,2%). Em relação ao TST, foi significativamente maior no protocolo extensor-flexor para ambos os membros (23,2s.; 23,9s.). Não houve diferença significativa para percepção subjetiva de esforço. A pré-ativação antagonista contralateral permitiu um aumento no VTT e no TST em ambos os protocolos na CE e CF sendo uma possível alternativa para tal objetivo.

Palavras-chave: educação cruzada; treinamento de resistência; força muscular.

Afiliação

¹ LADTEF – Laboratório de Desempenho, Treinamento e Exercício Físico, Universidade Federal do Rio de Janeiro, RJ, Brasil; ² Pós-graduação Lato Sensu em Ciências da Reabilitação Musculoesquelética e Cardiovascular, Universidade Estácio de Sá, RJ, Brasil; ³ Escola de Educação Física e Desportos, Universidade Federal do Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

Effects of different protocols of pre-activation antagonist contralateral on the performance of multiple repetitions

Abstract: The cross education corresponds a neural adaptation in which the performance improvement of the untrained limb occurs after a period of unilateral practice by the contralateral limb. The co-activation of the antagonistic also corresponds a neural phenomenon that can limit the muscle strength and strategies like as pre-activation seek to improve performance. The combination of both can result in increased resistance training performance. The aim of the study was to investigate the effects of different protocols of pre-activation antagonist contralateral on the performance of repetitions. Fifteen trained women performed pre-activation of the contralateral antagonist musculature unilateral in four different protocols: in the preferred and not preferred flexor-extensor protocol, the LC of the preferred or non-preferred limb was performed and then the LE of the contralateral limb. In the preferred and not preferred extensor-flexor protocol, the LE of preferred or non-preferred limb was performed and then the LC of the contralateral limb. Three sets were performed using maximum loads of ten repetitions with an interval of two minutes. In the LE, there was a significantly higher training volume (VTT) in the flexor-extensor protocol (14,9%; 16,9%). About time under tension (TST), LE a significant increase in TST was identified in the non-preferred member of the flexor-extensor protocol (23,5s.). As for LG, there was a significantly higher result in the extensor-flexor protocol (10,6%; 22,2%). In relation to TST, it was significantly higher in the extensor-flexor protocol for both members (23,2s; 23,9s). There was no significant difference for subjective perception of effort. The contralateral antagonist pre-activation provided an increase in the VTT and the TST in both protocols in LE and LC, being a possible alternative for this objective.

Key words: cross education; resistance training; muscle strength

Introdução

O treinamento de força (TF) é essencial para melhorar e manter os níveis de aptidão física e saúde da maioria dos adultos¹. Entre os principais benefícios do TF, estão os ganhos de força muscular, atribuídos a alterações neurais e musculares²⁻³. Inicialmente, os ganhos de força são atribuídos às adaptações neurais como o aumento no recrutamento de unidades motoras e na taxa de disparo neural, modulado pelo sistema nervoso central⁴⁻⁵.

A Educação Cruzada corresponde à adaptação neural em que ocorre a melhoria de desempenho do membro não treinado após um período de prática unilateral do membro contralateral homólogo⁶. Sendo assim, há uma transferência de força por meio de mecanismos do córtex motor, em que estruturas como o corpo caloso auxiliam na atividade cortico-espinhal e na interação hemisférica durante o movimento unilateral⁷.

Esse fenômeno pode ser observado em estudos como de Lepley *et al.*⁸ e Abrazovic *et al.*⁹ que investigaram o efeito do treinamento unilateral excêntrico ou concêntrico do quadríceps e dos isquiotibiais, respectivamente, no dinamômetro isocinético. Ambos os estudos apontam efeitos positivos em que tanto o membro treinado quanto o não treinado aumentaram o pico de torque e a ativação neuromuscular após o período de treinamento.

Durante a contração muscular, outro fator neural analisado é a co-ativação da musculatura antagonista que pode limitar a produção de força através de mecanismos como o órgão tendinoso de golgi (OTG) e os fusos musculares que inibem a ação da musculatura agonista¹⁰. A pré-ativação da musculatura agonista é uma estratégia adotada e relevante tanto para a reabilitação quanto o meio esportivo de modo que é possível aumentar o desempenho muscular e a capacidade de trabalho quando realizado uma contração na musculatura agonista imediatamente após uma contração na musculatura antagonista¹⁰.

Apesar do efeito cruzado do treinamento e da pré-ativação ser amplamente estudado, são escassos os estudos que investigam o efeito no desempenho do músculo não homólogo (por exemplo, quadríceps e isquiotibiais) contralateral¹¹. Em adição, a associação do efeito cruzado e da pré-ativação poderiam possibilitar um aumento no desempenho. Além disso, apresentam uma grande relação de especificidade em relação aos ganhos de força em determinadas velocidades angulares, ou seja, não sendo extrapolados os resultados para exercícios convencionais dentro da sala de musculação que possuem velocidade variável, principalmente em busca da falha concêntrica ou voluntária⁸⁻⁹. Em adição, a associação do efeito cruzado e da pré-ativação antagonista poderia ser uma estratégia adotada com o objetivo de aumentar o desempenho muscular no TF.

O objetivo do presente estudo foi investigar os efeitos de diferentes protocolos de pré-ativação antagonista contralateral sobre o desempenho de repetições múltiplas no membro preferido e não preferido nos exercícios cadeira extensora (CE) e cadeira flexora (CF). Nossa hipótese é que a pré-

ativação da musculatura antagonista, mesmo quando realizada de forma cruzada, pode aumentar o desempenho da musculatura agonista.

Materiais e métodos

Amostra

O estudo se caracteriza como uma pesquisa experimental do tipo crossover em que participaram do estudo 15 sujeitos do sexo feminino (idade: $27 \pm 2,8$ anos / altura: $162 \pm 8,0$ cm / peso: $61,9 \pm 4,6$ kg / Percentual de Gordura: $25,2 \pm 5,4\%$) com experiência prévia em treinamento de força ($3,1 \pm 1,6$ anos). O número amostral foi selecionado de forma não probabilística e intencional, uma vez que os sujeitos que fizeram parte da amostra foram voluntários. Como critérios de inclusão adotaram-se: não apresentar questionário PAR-Q positivo, não ter histórico de lesões osteomusculares. 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 24h antecedentes aos testes.

Antes de começar o teste, todos os voluntários assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), no qual constava que eles permanecerão em anonimato, e que serão usados para publicação somente os dados estatísticos. O projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa da instituição, CAAE: 11637719.6.0000.5257, conforme Resolução do Conselho Nacional de Saúde nº 580 de 22/03/2018.

Procedimentos

Os participantes do estudo realizaram os protocolos experimentais no mesmo horário do dia em todas as visitas. Não houve controle nutricional durante os procedimentos experimentais, sendo solicitado apenas que fosse mantida a rotina habitual de cada indivíduo. Foram realizadas ao todo sete visitas não consecutiva, com intervalo mínimo de quarenta e oito horas, em que a primeira consistia nas avaliações antropométricas (peso e altura), uma sessão de familiarização, o preenchimento do TCLE e o inventário de preferência lateral global (IPLAG) para avaliar as diferentes dimensões que compõe a lateralidade dos membros inferiores¹². O questionário IPLAG foi realizado de forma adaptada (apenas membros inferiores – C) em que os participantes deviam responder um questionário ilustrativo com qual membro (direito ou esquerdo) eles executavam determinada tarefa cotidiana. Ao final era contabilizada a preferência de membro para cada tarefa. Também era realizado nesse mesmo dia o preenchimento do questionário de prontidão para atividade física (PAR-Q), com perguntas de sim ou não sobre o histórico clínico e sobre a prática de exercício físico dos avaliados. Nos demais

dias, eram realizados o teste e o re-teste de carga e quatro protocolos experimentais distintos. Durante o protocolo experimental era cronometrado o tempo de execução do exercício com o cronômetro do relógio de pulso e também era avaliada a classificação do esforço percebido. Não houve controle na velocidade de movimento já que os exercícios foram realizados até a falha concêntrica ou voluntária, sendo orientado apenas aos participantes uma execução com velocidade moderada. Além disso, os participantes receberam instruções da escala de percepção subjetiva de esforço (PSE) OMNI-res utilizada no TF. Essas instruções explicaram a natureza e o uso da mesma assim como sua classificação conforma a categoria de baixo e alto nível de esforço, ou seja, entre zero a dez no final de cada exercício CE e CF¹³. O desempenho foi medido a partir do volume total de treinamento (multiplicando o número de repetições pela carga e realizando o somatório dos resultados) e tempo sob tensão através de um cronômetro.

Determinação das cargas de 10 RM

O teste de 10 repetições máximas (RM) foi determinado uma semana antes de se iniciarem os protocolos experimentais para cada sujeito nos exercícios unilateral na CE e CF. Eram realizadas três tentativas, com intervalo de três a cinco minutos entre as tentativas ou exercícios. A carga inicial foi 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. Após o intervalo de 48 horas, foi realizado o re-teste de 10RM, visando garantir a reprodutibilidade da medida¹⁴.

Na padronização do exercício CE, o sujeito começava o movimento com o joelho flexionado a 90° e realizava uma extensão completa até 0° delimitado por um barbante. Enquanto isso, na CF, o sujeito iniciava o movimento com 0° e realizava uma flexão até 90°.

Protocolos experimentais

A fim de observar os efeitos da pré-ativação, por meio da contração da musculatura antagonista contralateral, sob o desempenho de repetições múltiplas no lado oposto foram realizados quatro protocolos experimentais. Inicialmente, foi realizado um protocolo de aquecimento composto por uma série de quinze repetições com cinquenta por cento da carga obtida no teste de 10RM, adotando-se intervalo de dois minutos antes de iniciar os protocolos.

Protocolo preferido flexor-extensor (PPFE): Foram realizadas três séries até a falha concêntrica na CF com o membro não preferido (MNP), seguido por três séries até a falha concêntrica na CE no membro preferido (MP).

Protocolo preferido extensor-flexor (PPEF): Foram realizadas três séries até a falha concêntrica na CE com o MNP, seguido por três séries até a falha concêntrica na CF no MP.

Protocolo não preferido extensor-flexor (PNPEF): Foram realizadas três séries até a falha concêntrica na CE com o MP, seguido por três séries até a falha concêntrica na CF no MNP.

Protocolo não preferido flexor-extensor (PNPFE): Foram realizadas três séries até a falha concêntrica na CF com o MP, seguido por três séries até a falha concêntrica na CE no MNP.

Para todos os protocolos experimentais foram adotadas a carga de 10-RM e intervalo de dois minutos entre as séries e exercícios

Tratamento estatístico

Na estatística descritiva foram adotadas as médias e desvio-padrão das variáveis. Na estatística inferencial foi aplicado o teste de Shapiro-wilk para determinar a normalidade dos dados. A anova de dois fatores (preferência x ordem) foi aplicada em cada um dos exercícios (cadeira extensora x cadeira flexora) para comparar o desempenho de repetições e tempo sob tensão para verificar efeitos principais e interações entre condições. O post hoc de Bonferroni foi aplicado quando necessário. A percepção subjetiva de esforço foi comparada através do teste Friedman e o resultado apresentado em mediana. O valor de $p \leq 0,05$ foi adotado para todas as análises inferenciais. O tratamento estatístico foi realizado no *software* SPSS versão 20.0 (Chicago, IL, USA).

Resultados

Os dados amostrais são apresentados na tabela 1 abaixo. Nenhum dos participantes apresentou PAR-Q positivo. Em um total de quinze avaliados, treze responderam ao IPLAG como fortemente destros e outros dois como fortemente canhotos.

Tabela 1 – Características antropométricas dos participantes. Média (desvio-padrão)

| Variáveis | MÉDIA ± DP |
|--------------------------|------------|
| Idade (anos) | 27.3 ± 2,8 |
| Peso (kg) | 61,9 ± 4,6 |
| Altura (cm) | 162 ± 8,0 |
| Experiência em TF (anos) | 3,1 ± 1,6 |
| Canhotos | 2 |
| Destros | 13 |

| | |
|------------------------------------|------------|
| 10 RM extensora preferida (kg) | 37,9 ± 6,3 |
| 10 RM extensora não-preferida (kg) | 37,5 ± 6,0 |
| 10 RM flexora preferida (kg) | 28,8 ± 4,8 |
| 10 RM flexora não-preferida (kg) | 28,5 ± 5,1 |

Legenda: RM – repetições máximas; DP – Desvio padrão.

Em relação à CE, foi verificado efeitos principais (*main effects*) para ordem onde foi encontrado volume de treinamento significativamente maior no protocolo flexor-extensor em relação ao protocolo extensor-flexor ($F_{1,14} = 18,939$; $p = 0,001$; tabela 2). Adicionalmente, verificou-se interação significativa (preferência x ordem) entre a preferência e ordem dos exercícios ($F_{1,14} = 0,498$; $p = 0,034$), porém o post hoc de Bonferroni não identificou em qual condição. Quanto ao tempo sob tensão (TST) a CE verificou-se efeitos principais entre condições, com menor TST no protocolo flexor-extensor versus extensor-flexor ($F_{1,14} = 4,341$; $p = 0,056$) e interação significativa entre preferência x ordem ($F_{1,14} = 27,904$; $p = 0,0001$; tabela 3). Adicionalmente, o post hoc de Bonferroni identificou um aumento significativo no TST no membro não-preferido versus preferido no protocolo flexor-extensor ($F_{1,14} = 11,800$; $p = 0,004$).

Quanto a CF, verificaram-se efeitos principais (*main effects*) no volume de treinamento com resultado significativamente maior no protocolo extensor-flexor em comparação ao flexor-extensor ($F_{1,14} = 18,788$; $p = 0,001$). Adicionalmente, verificou-se interação significativa entre a preferência e ordem dos exercícios ($F_{1,14} = 0,317$; $p=0,582$). Por outro lado, não se observou diferença entre os membros ($p=0,094$). Em relação a TST, não se verificou diferença significativa entre as preferências ($p=0,403$), porém foi verificado efeitos principais para ordem, com TST significativamente maior no protocolo extensor-flexor para ambos os membros ($F_{1,14} = 23,022$; $p = 0,0001$). Todavia, verificou-se interação significativa entre a ordem e os membros (membros ($F_{1,14} = 15,264$; $p = 0,002$)).

Em relação ao teste de Friedman, não foram verificadas diferenças significativas entre preferências e ordem ($p>0,05$).

Tabela 2 – Volume total de treinamento (VTT), em quilogramas e tempo sob tensão (TST) em segundos entre os protocolos experimentais. Dados em média ± (desvio padrão).

| Variáveis | Cadeira Extensora | | Cadeira Flexora | |
|-----------|-------------------|---------------|-----------------|---------------|
| | Preferido | Não Preferido | Preferido | Não Preferido |
| VTT (kg) | | | | |
| Extensor- | 1043,8 | 1059 (188,5) | 925,7 | 1013,5 |

| | | | | |
|-------------------|------------|--------------|-------------|-------------|
| Flexor | (172,3) | | (180,3)* | (327,9)* |
| Flexor- | 1222,8 | 1275,2 | 827,5 | 787,5 |
| Extensor | (282,4)* | (285,1)* | (134,9) | (150,2) |
| TST (segundos) | | | | |
| Extensor- | 21,2 (2,3) | 21 (2,1) | 23,2 (2,0) | 23,9 (2,6) |
| Flexor | | | | |
| Flexor- | 20 (2,1)* | 23,5 (1,8)*# | 21,7 (1,7)* | 20,2 (2,6)* |
| Extensor | | | | |

* Efeitos principais (main effects) para a ordem. † Efeitos principais (main effects) para o protocolo extensor-flexor. # Diferença significativa no TST no membro não preferido versus preferido no protocolo flexor-extensor.

Não houve diferença significativa entre os protocolos e exercícios para percepção subjetiva de esforço (PSE) (tabela 4).

Tabela 3 – Mediana da percepção subjetiva de esforço entre os protocolos experimentais

| Variáveis | Cadeira Extensora | | Cadeira Flexora | |
|-----------|-------------------|---------------|-----------------|---------------|
| | Preferido | Não Preferido | Preferido | Não-Preferido |
| Extensor- | 8 | 8 | 8 | 8 |
| Flexor | | | | |
| Flexor- | 8 | 8 | 8 | 8 |
| Extensor | | | | |

Discussão

Um dos principais achados do presente estudo foi o aumento significativo do (VTT) independente do protocolo de pré-ativação. Tanto o protocolo flexor-extensor quanto o extensor-flexor tiveram aumento do VTT no exercício subsequente. Esses resultados sugerem uma alternativa prática para aumentar o desempenho de repetições múltiplas nos extensores e flexores de joelho (quadríceps e isquiotibiais).

O aumento no VTT após uma pré-ativação contralateral também foi visto no estudo de Teixeira *et al.*¹⁵ em que os participantes que realizaram a pré-ativação dos extensores do cotovelo

esquerdo tiveram um aumento no desempenho de repetições dos flexores do cotovelo contralateral. Os autores atribuíram os resultados ao fenômeno da ativação recíproca em que a contração dos extensores do cotovelo esquerdo possibilitou maior ativação dos flexores do cotovelo direito elevando a sua capacidade de trabalho. De fato, algumas evidências observaram que o treinamento contra resistência de um único membro tem efeitos positivos no desempenho da força muscular do membro contralateral como estudos de Farthing *et al.*¹⁶ e Evetovich *et al.*¹⁷ em que o grupo que realiza o treino no membro preferido no dinamômetro isocinético, tem menor redução de força e menor atrofia muscular do membro contralateral lesionado quando comparado ao grupo que não realiza nenhum treinamento, aumentando inclusive o pico de torque do membro não treinado.

Adicionalmente, alguns estudos observaram que um protocolo de pré-ativação de antagonistas promoveu melhoras significativas no VTT juntamente com uma maior atividade da musculatura no exercício de extensão de joelho¹³. Sugere-se que isso seja possível devido a uma menor co-ativação do antagonista através de mecanismos inibitórios como os fusos musculares e órgão tendinoso de golgi (OTG)¹³. Conforme sugerido nos estudos anteriores, o possível efeito cruzado juntamente com pré-ativação da musculatura antagonista parece ser um dos fatores responsáveis pelo aumento do desempenho de repetições múltiplas ocasionando um aumento no VTT e um aumento no TST nos exercícios CE e CF no presente estudo. A transição imediata de um movimento de flexão de joelho para a extensão de joelho pode vir auxiliar no desempenho de extensão de joelho como resultado de uma facilitação neural oriunda dos fusos musculares¹⁸. Esse aumento de desempenho avaliado no nosso estudo através do VTT, também foi observado mesmo que a pré-ativação tenha sido feito na musculatura antagonista contralateral.

No entanto, resultados contrários também podem ser encontrados, como foi observado por Maynard e Ebben¹⁹-, que a pré-fadiga na musculatura isquiotibial (antagonista) apresentou efeitos deletérios no pico de torque da extensão de joelho no dinamômetro isocinético em lutadores contrapondo assim o método agonista-antagonista. Os autores relataram maior co-contração da musculatura antagonista após a pré-fadiga o que pode ter sido responsável pela redução do pico de torque do agonista. Entretanto, esses achados só foram encontrados em velocidades angulares mais baixas (60°/s.) e o protocolo de apenas uma série de cinco repetições pode não ter sido suficiente para gerar fadiga na musculatura antagonista e conseqüentemente reduzir o efeito inibidor no músculo agonista.

Em relação à PSE, não foi verificado diferença significativa dos indivíduos avaliados em ambos os protocolos, o que sugere que essa medida subjetiva possa ser mais sensível para a fadiga relativa à musculatura do que a fadiga geral²⁰⁻²¹. – Outra consideração está no momento em que essa percepção de esforço é relatada, o qual o presente estudo foi usado imediatamente após o término da sessão e alguns estudos sugerem a utilização da mesma após um período de aproximadamente 30 minutos após sessão²². Entretanto, podemos observar no nosso estudo que caso o objetivo do

treinamento seja aumentar o VTT sem alterar o esforço percebido, o método utilizado é uma alternativa viável.

Os participantes do estudo não estavam habituados à realização de exercícios unilaterais, caracterizando assim uma das principais limitações. Também foram verificados apenas os efeitos imediatos em uma curta sessão de treinamento o que não pode ser extrapolado para um maior número de sessões. Também não é possível saber se haveriam alterações nos resultados caso fossem adotados diferentes percentuais de cargas, tempo de intervalo ou até mesmo tempo de execução. Apesar de um número amostral pequeno houve preocupação em selecionar uma amostra homogênea para evitar possíveis interferências no resultado do estudo. Em estudos futuros sugere-se a utilização de eletromiografia, alterações nas variáveis de treinamento durante um maior período (estudo crônico).

Conclusão

A pré-ativação da musculatura antagonista contralateral possui resultados positivos no desempenho, com aumento no VTT e TST, independente da preferência do membro. Os protocolos aqui apresentados podem ser uma forma alternativa na prescrição de treinamento de força em situações de déficit de força unilateral ou desequilíbrio dos músculos quadríceps/isquiotibiais

Referências

1. American College of Sports Medicine. American College of Sports Medicine position stand: Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: guidance for prescribing exercise. *Med Sci Sports Exerc.* 2011; 43: 1334–1359.
2. Folland JP, Williams AG. The adaptations to strength training: morphological and neurological contributions to increased strength. *Sports Med.* 2007; 37(2): 145-68.
3. Fleck SJ, Kraemer WJ. *Designing resistance training programs.* 4.ed. Champaign (IL): Human Kinetics, 2004.
4. Lee M, Carroll TJ. Cross education: possible mechanisms for the contralateral effects of unilateral resistance training. *Sports Med.* 2007; 37(1): 1-14
5. Arabadzhiev TI, Dimitrov VG, Dimitrov GV. The increase in surface EMG could be a misleading measure of neural adaptation during the early gains in strength. *Eur J Appl Physiol.* 2014; 114(8): 1645-1655.
6. Moraes KCM, Pinto RS. Cross-education: evidências, mecanismos, implicações para reabilitação e aplicações práticas. *Rev Bra Ativ Fis Saúde.* 2016; 21(3): 209-19.
7. Hendy AM, Spittle M, Kidge DJ. Cross education and immobilization: Mechanisms and implications for injury rehabilitation. *J Sci Med Sport.* 2012; 15(2): 94-101.
8. Lepley LK, Palmieri-Smith RM. Cross-education strength and activation after eccentric exercise. *J Athl Train.* 2014; 49(5): 582-9.
9. Abazović E, Kovacević E, Kovac S, Bradic J. The effect of training of the non-dominant knee muscles on ipsi-and contralateral strength gain. *Isokinet Exerc Sci.* 2015; 23: 177-182.
10. Carregaro RL, Gentil P, Brown LE, Pinto RS, Bottaro M. Effects of antagonist pre-load on knee extensor isokinetic muscle performance. *J Sports Sci.* 2011; 29(3): 271-278.
11. Manca A, Dragone D, Dvir Z, Deriu F. Cross-education of muscular strength following unilateral resistance training: a meta-analysis. *Eur J Appl Physiol.* 2017; 117(11): 2335-54.

12. Marim, E; Lafasse. R; Okazaki, V; Global lateral preference inventory. *Braz J Mot Behav.* 2011; 6(3): 14-23.
13. Robertson RJ, Goss FL, Rutkowski J, Lenz B, Dixon C, Timmer J, et al. Concurrent validation of the OMNI perceived exertion scale for resistance exercise. *Med Sci Sports Exerc.* 2003; 35:333-41.
14. Maia MF, Willardson JM, Paz GA, Miranda, H. Effects of different rest intervals between antagonist paired sets on repetition performance and muscle activation. *J Strength Cond Res.* 2014; 28 (9): 2529-35.
15. Teixeira CVLS, Cortes DR, Evangelista AL, Polito LT, Bocalini DS, Costa PB, et al. Acute effects of maximal isometric muscle action of the elbow extensors on contralateral dynamic task of the elbow flexors: a pilot study. *Motriz: rev. educ. Fis.* 2017; 23(3): 1-5.
16. Farthing JP, Krentz JR, Magnus CR. Strength training free limb attenuates strength loss during unilateral immobilization. *J Appl Physiol.* 2009; 106(3): 830-6.
17. Evetovich TK, Housh TJ, Housh DJ, Johnson GO, Smith DB, Ebersole KT. The effect of concentric isokinetic strength training of the quadriceps femoris on electromyography and muscle strength in the trained and untrained limb. *J Strength Cond Res.* 2001; 15(4): 439-45.
18. Jeon HS, Trimble MH, Brunt D, Robinson ME. Facilitation of quadriceps activation following a concentrically controlled knee flexion movement: The influence of transition rate. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2001; 31(3): 122-9.
19. Maynard J, Ebben, W. The effects of antagonist pre-fatigue on agonist torque and electromyography. *J Strength Cond Res.* 2003; 17(3): 469-74.
20. Lagally KM, Robertson RJ, Gallagher KI, Gearhart R, Goss FL. Ratings of perceived exertion during low- and high-intensity resistance exercise by young adults. *Percept Mot Skills.* 2002; 94(3 Pt 1):723-31.
21. Day ML, McGuigan MR, Brice G, Foster C. Monitoring exercise intensity during resistance training using the session RPE scale. *J Strength Cond Res.* 2004; 18(2):353-8.
22. Foster C, Florhaug JA, Franklin J, Gottschall L, Hrovatin LA, Parker S, et al. A new approach to monitoring exercise training. *J Strength Cond Res.* 2001; 15(1): 109-15.