



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE
MESQUITA FILHO”

INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS - RIO CLARO



Licenciatura em Educação Física

GUILHERME FLORENZANO RIZATTO

**TREINAMENTO DE FORÇA UNILATERAL:
EFEITOS SOBRE A TAXA DE
DESENVOLVIMENTO DE FORÇA DO
MEMBRO CONTRALATERAL.**

Rio Claro

2011

GUILHERME FLORENZANO RIZATTO

TREINAMENTO DE FORÇA UNILATERAL: EFEITOS
SOBRE A TAXA DE DESENVOLVIMENTO DE FORÇA DO
MEMBRO CONTRALATERAL.

Orientador: Benedito Sérgio Denadai

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Instituto de Biociências da Universidade
Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” -
Câmpus de Rio Claro, para obtenção do grau de
Licenciado em Educação Física.

Rio Claro

2011

796.077 Rizatto, Guilherme Florenzano

R627t Treinamento de força unilateral: efeitos sobre a taxa de desenvolvimento de força do membro contralateral. / Guilherme Florenzano Rizatto. - Rio Claro : [s.n.], 2011
17 f. : il., gráfs.

Trabalho de conclusão de curso (licenciatura em Educação Física) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências de Rio Claro

Orientador: Benedito Sérgio Denadai

1. Esportes - Treinamento técnico. 2. Transferência de força. 3. Treinamento isocinético. I. Título.

Ficha Catalográfica elaborada pela STATI - Biblioteca da UNESP
Campus de Rio Claro/SP

RESUMO

O objetivo deste estudo foi analisar os efeitos do treinamento unilateral de força isocinética em alta velocidade ($180^{\circ}.s^{-1}$) da perna dominante sobre a Taxa de Desenvolvimento de Força (TDF) do membro contralateral. Participaram deste estudo 18 indivíduos do gênero masculino, aparentemente saudáveis, com idade média de 23 anos, e sem prática regular de atividades físicas. Os indivíduos foram divididos em dois grupos distintos aleatoriamente: Grupo Controle (GC) e Grupo Isocinético (GISOC). Foram feitas as avaliações dos valores do Pico de Torque Isométrico (PT isom) e da TDF dos dois membros inferiores no período de pré-treinamento. Após, o GISOC foi submetido a um treinamento de força isocinética com velocidade de ($180^{\circ}.s^{-1}$) por 6 semanas, apenas com a perna dominante e depois, reavaliados. Verificou-se que não houve melhora significativa em nenhum valor de PT isom ($p > 0,05$), e que a TDF para o membro dominante teve uma melhora significativa melhora ($p < 0,05$) em relação à condição pré treinamento e que não houve transferência dos valores para o lado contralateral ($p > 0,05$). Pode-se que concluir que o treinamento isocinético em altas velocidade não foi o suficiente para obter transferência significativa de força para o membro contralateral.

Palavras-chave: transferência de força, treinamento isocinético, taxa de desenvolvimento de força.

ABSTRACT

The aim of this study was to analyze the effects of unilateral isokinetic strength training at high speed ($180^{\circ} \cdot s^{-1}$) of the dominant leg on the rate of force development (RFD) of the contralateral limb. The study included 18 male individuals, apparently healthy, with an average of 23 years, and without regular practice of physical activities. The subjects were divided randomly into two groups: control group (GC) and isokinetic group (GISOC). Assessments were made of the values of peak isometric torque (PT isom) and RFD of both lower limbs in the pre-training. So, the GISOC underwent an isokinetic strength training with high speed ($180^{\circ} \cdot s^{-1}$) for 6 weeks, with the dominant leg only and then reassessed. It was found that there was no significant improvement in value of PT isom ($p > 0.05$), and the RFD for the dominant limb had a significant improvement ($p < 0.05$) compared to the pre-training and that there was no transfer of values to the contralateral side ($p > 0.05$). It can be concluded that the isokinetic training at high speed was not enough for significant cross education.

Key Words: cross education, isokinetic, rate of force development.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer primeiramente a Deus e também a todos que me apoiaram e ajudaram nesse projeto. Ao meu orientador, Benedito Sérgio Denadai e também a Camila Coelho Greco, pela oportunidade de ingressar ao LAPH, ao amigo e parceiro de estudo, Felipe Bruno de Oliveira, ao pessoal do LAPH, e também à minha família e todos os amigos de Unesp, escola e também de minha cidade. Muito obrigado.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	7
2. MATERIAIS E MÉTODO	8
2.1.Sujeitos	8
2.2.Delineamento Experimental	8
2.3.Aquecimento	9
2.4.Contrações Isométricas.....	9
2.5.Determinação da Taxa de Desenvolvimento de Força.....	9
2.6.Treinamento.....	10
2.7.Análise Estatística.....	10
3.RESULTADOS	10
4. DISCUSSÃO	12
5. CONCLUSÃO	15
6. REFERÊNCIAS.....	16

1. INTRODUÇÃO

Nos dias de hoje, tem-se atribuído grande importância ao treinamento de força tanto para a manutenção da saúde e promoção de bem estar de todos os indivíduos; quanto para o aprimoramento do desempenho e rendimento de atletas. Haja vista essa importância, o entendimento dos mecanismos responsáveis pelas adaptações oriundas do treinamento dessa capacidade motora torna-se primordial para a maximização desses benefícios. Há muitas evidências que a adaptação da musculatura por programa de treinamento de força é devido a dois principais mecanismos, mas conceitualmente diferentes: hipertrofia muscular e adaptação neural (Folland & Williams 2007; Jones & Rutherford, 1987). Moritani & de Vries pesquisaram como esses dois mecanismos interagem no decorrer de um período de treinamento de força. Eles demonstraram que nas etapas iniciais do treinamento (entre 4 e 6 semanas), os ganhos de força são obtidos preferencialmente através de adaptações neurais. Após esse período inicial, a contribuição das adaptações morfológicas aumenta, causando a hipertrofia; enquanto das neurais tende a diminuir.

Segundo Carroll et al. (2006), uma vez que o treino de força determina adaptações do sistema nervoso, é possível que o treinamento unilateral possa afetar os músculos contralaterais, porque a adaptação no sistema neuromuscular também pode ser acessada ao lado da musculatura não treinada. Esse processo é denominado transferência de força; também chamado de “educação cruzada”, “transferência cruzada” ou “efeito do treinamento de força contralateral”. Além dos mecanismos exatos para esses efeitos serem pouco conhecidos, apenas a força máxima tem sido analisada após o treinamento de força unilateral. Os efeitos do treinamento de força unilateral sobre a força explosiva, que é dependente da taxa do aumento da força no início da contração muscular (i.e., taxa de desenvolvimento de força – TDF), têm sido muito pouco investigados (Adamson et al., 2008). Adamson et al. (2008) verificaram melhora da força máxima e da TDF no membro contra-lateral após 2 meses de treino que focou máxima mobilização da força com cargas próximas do máximo. De fato, a melhora na TDF do segmento treinado tem sido relatada coincidir com a adaptação neural após o treinamento de força com cargas pesadas e máxima mobilização da força (Hoff & Almasbakk, 1995). Treinamentos exclusivamente concêntricos de alta velocidade ($> 180^{\circ}.s^{-1}$), melhoram também a força máxima e a TDF, sendo estas

adaptações específicas para as velocidades treinadas. Porém, se o treinamento concêntrico de alta velocidade pode modificar a TDF do músculo contralateral é uma hipótese que ainda permanece desconhecida.

Sendo assim, o objetivo deste estudo foi analisar os efeitos do treinamento unilateral de força isocinética em alta velocidade ($180^{\circ}.s^{-1}$) da perna dominante sobre a TDF do membro contra-lateral.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Sujeitos

Participaram deste estudo 18 voluntários do sexo masculino, aparentemente saudáveis, sem prática regular de atividades físicas e que atribuíram à perna direita como a de maior dominância. Possuíam as seguintes características: $23,2 \pm 3,8$ anos de idade; $1,78 \pm 0,8$ metros de estatura e $76,9 \pm 9,5$ quilogramas de massa corporal. Após serem informados textual e verbalmente sobre os objetivos e a metodologia desse estudo, assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido. O protocolo deste estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa do IB – UNESP – Rio Claro. Os voluntários foram divididos aleatoriamente em 2 grupos distintos: Grupo Controle (GC) e Grupo de Treinamento Isocinético (GISOC).

2.2. Delineamento Experimental

Os indivíduos compareceram ao laboratório em diferentes ocasiões. Nas duas primeiras visitas, os indivíduos realizaram uma familiarização ao teste de força com ambas as pernas e foram realizadas as medidas antropométricas. Na terceira visita, os voluntários realizaram o teste máximo no dinamômetro isocinético para a determinação do torque máximo isométrico (TMI) e da TDF em ambas as pernas. Após estes testes, o GISOC realizou um treinamento exclusivamente com a perna dominante e compareceram para treinar no laboratório três vezes por semana por um período de seis semanas. O GC permaneceu realizando apenas as mesmas atividades rotineiras do período que antecedeu a participação no estudo. Ao final os voluntários dos dois grupos realizaram os mesmos testes do período pré-treino.

2.3. Aquecimento

Este aquecimento foi utilizado nas duas sessões de familiarização, nos testes pré e pós-treino e em todas as sessões de treino. O aquecimento foi realizado em um ciclo ergômetro (Lode B.V., Excalibur Sport, Groningen, Nederland) ajustado com 50 watts de potência, tendo o voluntário que manter a velocidade de 70 rotações por minuto (rpm) por 5 minutos. Após o aquecimento geral no ciclo ergômetro foi feito um aquecimento articular localizado, o qual consistiu de 5 contrações submáximas no dinamômetro isocinético. Para a familiarização, testes e treinos isométricos as 5 contrações submáximas foram isométricas e para a familiarização, testes e treinos isocinéticos concêntricos as 5 contrações submáximas foram isocinéticas concêntricas.

2.4. Contrações isométricas

Foram feitas duas contrações voluntárias isométricas máximas de extensão do joelho em um dinamômetro isocinético (Biodex System 3, Biodex Medical Systems, Shirley, N.Y.). A articulação do joelho foi fixada a 75° (0° = extensão total) para a realização da contração isométrica por um período de 5 segundos, com o sujeito sentado e seu quadril fixado numa angulação de 90°. Houve um período de 30 segundos de recuperação entre as contrações isométricas. Houve encorajamento verbal durante a realização das contrações. O maior valor de torque foi considerado como PT_{isom}.

2.5. Determinação da taxa de desenvolvimento de força

Os dados de torque das contrações isométricas foram coletados a partir do *software* do dinamômetro isocinético e analisados no *software* MatLab 6.5. Os dados de torque de todas as contrações válidas foram filtrados (filtro Butterworth, quarta ordem), e a partir do início da contração (estipulado como sendo o valor de torque acima de 8 N.m) foram calculados os valores de TDF (N.m.s^{-1}). A TDF foi considerada como sendo o maior valor da inclinação da curva momento-tempo a cada intervalo de 10 ms relativos ao início da contração.

2.6 Treinamento

O treinamento foi realizado apenas com a perna dominante e teve duração de seis semanas, nas quais os voluntários compareceram três vezes por semana para realizar o treinamento, de acordo com os protocolos abaixo:

Isocinético	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6
Séries	3	3	4	5	6	4
Repetições	10	12	10	10	10	10
Total	30	36	40	50	60	40

2.7. Análise estatística

Os dados estão expressos como média $\pm$ DP. Após verificação da normalidade dos dados pelo teste de Shapiro-Wilk, foi utilizada ANOVA 2-way complementada pelo teste de Tuckey. O nível de significância foi estabelecido em $p \leq 0,05$.

3. RESULTADOS

A figura 1 mostra os valores médios $\pm$ DP do PTisom da perna dominante e contralateral dos grupos ISOC e GC, no período pré e pós treinamento. O PTisom não foi modificado após o período de treinamento nos grupos ISOC e GC. Não foi verificado diferença entre os grupos ISOC e GC antes e após o treinamento ($p > 0.05$).

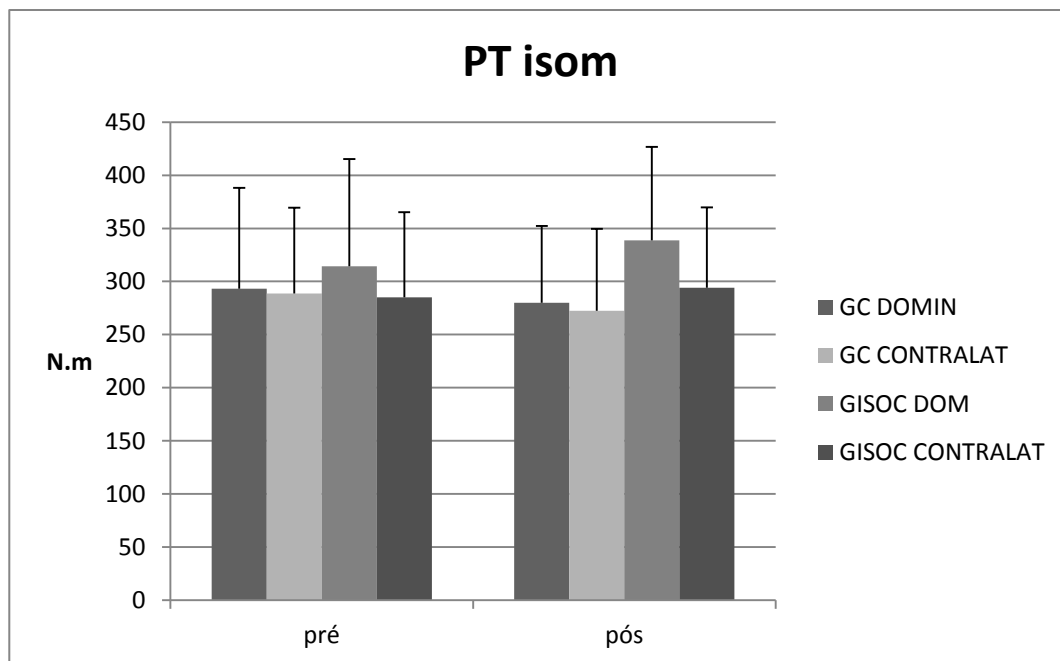


Figura 1. Valores médios $\pm$ DP do pico de torque isométrico (PTisom) da perna dominante e contralateral dos grupos isocinético (ISOC) e controle (GC) no período pré e pós treinamento. N = 18.

A TDF da perna dominante e contralateral dos grupos ISOC e GC, no período pré e pós são mostrados na figura 2. A TDF foi significativamente maior após o período de treinamento apenas na perna dominante do grupo ISOC ($p < 0.05$). Não foi verificado diferença entre os grupos ISOC e GC antes do treinamento ($p > 0.05$). Após o treinamento a TDF da perna dominante do grupo ISOC foi significativamente maior do que do grupo GC após o treinamento ($p < 0.05$).

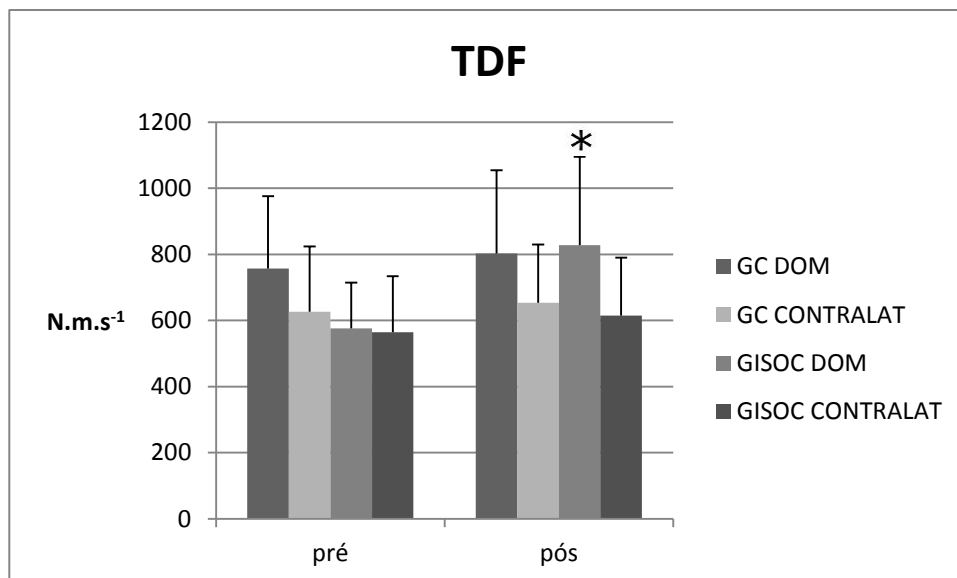


Figura 2. Valores médios $\pm$ DP da taxa de desenvolvimento de força (TDF) da perna dominante e contralateral dos grupos isocinético (ISOC) e controle (GC) no período pré e pós treinamento. N = 18. * $P < 0.05$ em relação ao pré-treinamento.

No GISOC, houve uma melhora significativa nos valores da TDF em $43,7 \pm 34,7\%$ para a perna dominante no pós-treino em relação ao pré-treino.

4. DISCUSSÃO

Para o nosso conhecimento este é o primeiro estudo que analisou os efeitos do treinamento unilateral de força isocinética em alta velocidade ($180^\circ.s^{-1}$) da perna dominante sobre a TDF do membro contra-lateral. O principal achado foi que o treinamento de alta velocidade ($180^\circ.s^{-1}$) melhorou a TDF da perna dominante em valores que são aparentemente maiores (43%) do que o observado em outros estudos (16 -25%) (Aagaard et al., 2002; Holtermann et al., 2007). Entretanto, diferente de outros estudos que utilizaram treinamentos de alta intensidade ($> 85\%$ de 1 repetição máxima) (Adamson et al., 2008), não houve transferência dos efeitos do treinamento na TDF para o membro contralateral.

Neste estudo não houve melhora estatisticamente significativa do PTisom na perna dominante do GISOC ($7,78 \pm 10,2\%$) e tampouco no membro contralateral ($3,11 \pm 7,7\%$). Desta forma, uma justificativa para este dado seria que o treinamento isocinético em alta velocidade não é tão eficiente para causar mudanças significativas no PTisom por não atender ao princípio da especificidade. Os aumentos de força com treino de alta velocidade são maiores em velocidades próximas a que foi especificamente treinada (Fleck; Kraemer 1999). Então, para que houvesse um aumento significativo dos valores do PTisom, seria necessário que os voluntários tivessem realizado um treinamento isométrico.

No que se diz a respeito da TDF, esta é influenciada por diferentes aspectos, sendo que dentro dos fatores neurais estão: a magnitude de produção eferente dos motoneurônios na fase inicial de contração (Aagard 2003, Van Cutsem et. al 1998) e a frequência de disparos e o recrutamento dos motoneurônios (Aagaard et. al 2002, Aagard 2003, Van Cutsem et. al 1998, Sale 1988). Sendo assim, o período em que o estudo foi realizado procurou evitar que houvesse outros fatores de influência que não fossem neurais nos valores de TDF e, uma vez que as adaptações neurais também possam ser transferidas para o lado contralateral, poderia haver efeito na TDF também na perna homóloga. Com isso, os resultados apresentaram um aumento de 43% da TDF na perna dominante do GISOC. Isso tudo vem na mesma linha de que os efeitos do treinamento sobre a TDF isométrica têm sido amplamente reportados. Alguns estudos têm verificado que o treinamento dinâmico (Aagaard et al., 2002; Andersen et al., 2010), especialmente de alta velocidade (Behm; Sale, 1993), tem melhorado a TDF isométrica.

O fenômeno da transferência de força, segundo uma atualização de meta-análise de 16 estudos devidamente controlados (faixa de 15-48 sessões de treinamento), mostra que o tamanho do efeito do treinamento de força é de 8% da resistência inicial do membro contralateral, ou cerca de metade do aumento na força dos membros treinados (Carroll et al., 2006). Então, por este caminho, para explicar os mecanismos que podem descrever tal fenômeno, Zhou (2000) sugeriu que ganhos de força contralateral estão relacionadas com a magnitude da força adquirida no membro treinado. Uma vez que, na ausência de aumento da área de secção transversa do músculo, que ocorreria com a contração muscular, há uma melhora na ativação voluntária via recrutamento de unidades motoras e aumento na taxa de disparo através de mecanismos neurais centrais

que podem ser responsáveis pelo efeito da melhora da força contralateral no treinamento unilateral. Todavia, também pode haver mudanças neurais em outros níveis, envolvendo espinhal (Hortobagyi 2003) e supra espinhal nas redes pré-motoras (Carrol et al. 2001).

É importante destacar que nem todos os estudos têm encontrado influência do treinamento unilateral no membro contralateral (Munn et al. 2004). Isto se deve em conta de grande parte dos estudos estarem analisando membros superiores (Adamson et al. 2008, Farthing 2007, Munn et al. 2004) ou até mesmo analisando exclusivamente o gênero feminino ou misturando-os durante o estudo (Fimland et al. 2009, Munn et al. 2004, Adamson 2008, Farthing 2007). Com isto, pode-se levantar a hipótese de que a transferência de força possa ter influência também de acordo com o membro e o gênero analisado.

Além disso, ainda não há evidências de que o efeito de treinamento no segmento contralateral é dependente se o treinamento é isométrico ou dinâmico, ou ainda da velocidade empregada no treino dinâmico. Tem se verificado que o treino isométrico (Kubo *et al.* 2001) ou dinâmico de alta intensidade ($> 85\%$ 1RM) é eficiente para a melhora da força máxima e da TDF (Adamson et al. 2008). Munn et al. (2005) verificaram que durante o treino de alta intensidade (6 – 8 RM), que a maior velocidade de execução do movimento pode produzir uma maior transferência do treino unilateral para o membro contralateral. Deve-se atentar que em função da elevada carga utilizada neste estudo, a possibilidade de executar movimentos que tenham grande velocidade angular tem que ser relativizado, pelo princípio da relação inversa entre força x velocidade.

Como já apontado anteriormente, o treinamento isocinético em alta velocidade contribuiu para um aumento da TDF no membro dominante do GISOC de $43,7 \pm 34,72\%$ em relação em relação aos valores do pré-teste. Contudo, não foi relatada melhora estatisticamente significativa na TDF do membro contralateral; podendo-se afirmar que não houve transferência de força explosiva entre os membros. Assim, é possível hipotetizar que o aumento de força explosiva do contralateral que ocorre com o treinamento unilateral possa ser dependente da velocidade do treinamento dinâmico.

5. CONCLUSÃO

Pode-se concluir que embora o treinamento isocinético de alta velocidade tenha aumentado a TDF no membro dominante, o treinamento realizado não foi suficiente para que houvesse transferência significativa de força explosiva para o membro contralateral.

6. REFERÊNCIAS

- ADAMSON, M.; MACQUAIDE, N.; HELGERUD, J.; HOFF, J.; KEMI, O. J. Unilateral arm strength training improves contralateral peak force and rate of force development. Eur J Appl Physiol, Heidelberg, v.103, p.553-9, 2008
- AAGAARD, P.; SIMONSEN, E. B.; ANDERSEN, J. L.; MAGNUSSON, P.; DYHRE-POULSEN, P. Increased rate of force development and neural drive of human skeletal muscle following resistance training. J Appl Physiol, Bethesda, v.93, p.1318-26, 2002
- AAGAARD, P. Training-induced changes in neural function. Exerc Sport Sci Rev, Indianapolis, v.31, p.61-7, 2003.
- ANDERSEN, L. L.; ANDERSEN, J. L.; ZEBIS, M. K.; AAGAARD, P. Early and late rate of force development: differential adaptive responses to resistance training? Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports, Copenhagen, v.20, p.162-169, 2010.
- BEHM, D. G.; SALE, D. G. Intended rather than actual movement velocity determines velocity-specific training response. J Appl Physiol, Bethesda, v.74, n.1, p.359-368, 1993.
- CARROLL, T. J.; RIEK, S.; CARSON, R. G. Neural adaptations to resistance training. Implications for movement control. Sports Med, Auckland, v.31, p.829–840, 2001.
- CARROLL, T. J.; HERBET, R. D.; MUNN, J.; LEE, M.; GANDEVIA, S. Contralateral effects of unilateral strength training: evidence and possible mechanisms. J Appl Physiol, Bethesda, v.101, p.1514–1522, 2006.
- FARTHING, J. P.; BOROWSKY, R.; CHILIBECK, P. D.; BINSTED G.; SARTY, E. Neuro-Physiological Adaptations Associated with Cross-Education of Strength. Brain Topography, Oxford, v.20, p.77–88, 2007
- FIMLAND, M. S.; HELGERUD J.; GRUBER, M.; LEIVSETH, G.; HOFF, J. Functional maximal strength training induces neural transfer to single-joint tasks. Eur J Appl Physiol, Heidelberg, v.107, p.723-730, 2009.

- FLECK, S. J.; KRAEMER, W. J. Fundamentos do Treinamento de Força. 2ª ed. Artmed: Porto Alegre, 1999.
- FOLLAND, J. P.; WILLIAMS, A. G. The adaptations to strength training: morphological and neurological contributions to increased strength. Sports Med, Auckland, v.37, p.145-68, 2007
- HOLTERMANN, A.; ROELEVELD, K.; VEREIJKEN, B.; ETTEMA, G. The effect of rate of force development on maximal force production: acute and training related aspects. Eur J Appl Physiol, Heidelberg, v.99, p.605-13, 2007
- HORTOBAGYI, T.; TAYLOR, J. L.; PETERSEN, N.T.; RUSSELL, G.; GANDEVIA, S. C. Changes in segmental and motor cortical output with contralateral muscle contractions and altered sensory inputs in humans. J Neurophysiol, Bethesda, v.90, p.2451–2459, 2003.
- HOFF, J.; ALMASBAKK, B. The effects of maximum strength training on throwing velocity and muscle strength in female team-handball players. J Strength Cond Res, Colorado Springs, v.9, p.255–258, 1995.
- JONES, D. A.; RUTHERFORD, O. M. Human muscle strength training: The effects of three different regimes and the nature of the resultant changes. Journal of Physiology, Cambridge, v.391, p.1-11, 1987
- KUBO, K.; KANEHISA, H.; ITO, M.; FUKUNAGA, T. Effects of isometric training on the elasticity of human tendon structures in vivo. J Appl Physiol, Bethesda, v.91, p.26-32, 2001.
- MORITANI, T.; DE VRIES, H. A. Neural factors versus hypertrophy in the time course o muscle strength gain. Am J Phys Med, Baltimore, v.58, p.115-130, 1979.
- MUNN, J.; HERBET, R. D.; HANCOCK, M. J.; GANDEVIA, S. C. Training with unilateral resistance exercise increases contralateral strength. J Appl Physiol, Bethesda, v.99, p.1880–1884, 2005.

- MUNN, J.; HERBERT, R. D.; GANDEVIA, S. C. Contralateral effects of unilateral resistance training: a meta-analysis. J Appl Physiol, Bethesda, v.96, p.1861-1866, 2004.
- SALE, D. G. Neural adaptation to resistance training. Med Sci Sports Exerc, Hagerstown, v.20, p.135-45, 1988.
- VAN CUTSEM, M.; DUCHATEAU, J.; HAINAUT, K. Changes in single motor unit behavior contributes to the increase in contraction speed after dynamic training in humans. J Physiol, Cambridge, v.513, p.295-305, 1998
- ZHOU, S. Chronic neural adaptations to unilateral exercise: mechanisms of cross education. Exerc Sport Sci Rev, Indianapolis, v.28, p.177–184, 2000.