

## RESPOSTA DA CONTRAÇÃO VOLUNTÁRIA MÁXIMA MEDIANTE A PRÉ-ATIVAÇÃO DA MUSCULATURA ANTAGONISTA E AQUECIMENTO ESPECÍFICO NA FLEXÃO DE COTOVELO

Fabio Antonio Damasceno Marques, André de Assis Lauria, Fabio Mendes Caliaro, Roberto Fares Simão, Jorge Roberto Perrou Lima

### RESUMO

O posicionamento do Colégio Americano de Medicina do Esporte (2002) preconiza que a força muscular é uma característica física básica, necessária para a saúde, capacidade funcional e para melhorar a qualidade de vida. O Treinamento de Força é prescrito em função da combinação de diversas variáveis. Poucos são os estudos relacionados ao rendimento que verificaram que tipo de aquecimento seria adequado para um melhor volume de treino levando em consideração alguns aspectos fisiológicos. O objetivo do estudo foi de verificar as respostas na contração voluntária máxima (máximo de repetições) obtidas no exercício Rosca direta a 80% 1-RM, após a aplicação de um aquecimento específico, de uma pré-ativação da musculatura antagonista e sem aquecimento prévio. Para a análise estatística utilizou-se ANOVA ( $p=0,000$ ). Realizando as repetições máximas com 80% RM, os resultados médios se mostraram da seguinte forma:  $5 \pm 0,8$  RM no trabalho de aquecimento específico,  $9 \pm 1,3$  RM no trabalho de pré-ativação da musculatura antagonista e  $8 \pm 0,7$  RM sem aquecimento. Houve diferença estatística significativa entre os protocolos avaliados. Com base nos resultados do estudo, podemos concluir que a realização de uma pré-ativação do músculo antagonista, promove melhoras na resposta agonista no volume total da série subsequente, com intensidade de 80% RM no exercício Rosca Direta.

**Palavras chave:** Co-contração, agonista, antagonista, aquecimento.

### ABSTRACT

The American College of Sports Medicine positioning (2002) appoint muscular strength is a fundamental physical trait necessary for health, functional ability, and an enhanced quality of life. The strength training is prescribed according to the combination of several variables. The objective of this study was to investigate the influence of different kind of warm-up in performance elbow flexion. To verify the differences between means protocols was used ANOVA ( $p<0,05$ ). The means results showed that  $5 \pm 0,8$  maximal repetition (MR) in the work of specific warm-up,  $9 \pm 1,3$  MR in the work pre-activation antagonist and  $8 \pm 0,7$  MR without warm-up. There were statistical differences between all protocols. The results indicated that to realize a pre-activation antagonists, promotes benefits on total volume at the subsequencial set, with a intensity about 80% MR during the elbow flexion.

**Key words:** Co-contraction, agonist, antagonist, warm-up.

### INTRODUÇÃO

O posicionamento do Colégio Americano de Medicina do Esporte (2002) preconiza que embora a tecnologia moderna tenha reduzido a necessidade de níveis altos de produção de força durante as atividades diárias da vida, tem sido reconhecido pelas comunidades científica e médica, que a força muscular é uma característica física básica, necessária para a saúde, capacidade funcional e para melhorar a qualidade de vida. Normalmente volumes e intensidades são utilizados no treinamento de força (TF) com o objetivo de aumentá-la, assim como provocar mudanças na composição corporal, no desempenho motor e na hipertrofia muscular (Simão, 2003). O TF é prescrito em função da combinação de diversas variáveis. Dentre elas podem-se citar o número de séries, os intervalos de recuperação e a quantidade, tipo de ordenação dos exercícios escolhidos. A forma pela que essas variáveis são manipuladas resulta em efeitos diferentes no aprimoramento da força e hipertrofia muscular (Monteiro, 2005). Para um trabalho de hipertrofia muscular, recomenda-se trabalhar com volume de treino alto, assim como a intensidade alta, com o intuito de promover adaptações na musculatura esquelética (BARBANTI, 2004). No que diz respeito a adaptação neural, de acordo com Simão 2003, a performance da força voluntária de um indivíduo pode ser influenciada pela habilidade do sistema nervoso em ativar a musculatura. As adaptações do sistema nervoso podem aperfeiçoar o comando central da musculatura e

consequentemente aumentar as respostas motoras. Essa resposta aumentada das unidades motoras é devido a uma maior frequência de ativação de impulsos nervosos. Segundo Komi 1995, citado por Simão 2003, quanto maior for o nível de excitação dos motoneurônios pelo sistema nervoso central, maiores serão as taxas de recrutamento das unidades motoras. Esse aperfeiçoamento neural leva a um maior rendimento de contração voluntária máxima. Durante uma contração voluntária máxima, alguns mecanismos proprioceptores tem a função de responder a tensão dentro do tendão e diminuí-lá se esta se tornar excessiva. Estes proprioceptores localizam-se dentro dos tendões musculares, estando, portanto em uma boa posição para monitorar a tensão desenvolvida pelo músculo. O neurônio sensitivo de um Órgão Tendinoso de Golgi (OTG) vai até a medula espinhal, onde faz sinapse com os neurônios motores alfa tanto do músculo cuja tensão está controlando como de seus músculos antagonistas. Assim que um músculo ativado desenvolve tensão, a tensão dentro do tendão do músculo aumenta e é monitorada pelos OTGs. Se a tensão torna-se grande o suficiente para lesionar o músculo ou tendão, ocorre a inibição do músculo ativado e tem início a ativação do músculo antagonista. A tensão dentro do músculo é aliviada e a lesão do músculo ou tendão é evitada (Fleck, 1999). Isso reforçaria a hipótese de que se a co-ativação da musculatura antagonista fosse inibida ou diminuída, ter-se-ia uma melhor resposta no trabalho agonista. Resta dúvida sobre quais seriam as funções da co-contração dos antagonistas.

Alguns estudos (Simão, 2003) tentaram identificar a influencia de diferentes formas de aquecimento específico e flexibilidade na contração voluntária máxima através do teste de 1-RM, porém nenhuma diferença significativa foi encontrada. Técnicas específicas tem sido desenvolvidas para tirar proveito dos reflexos inibidores, com o intuito de melhorar o relaxamento muscular, o que permitiria uma melhor inibição diferencial recíproca (Holcomb, 2000). As formas de aquecimento no TF ainda parecem, de certa forma, ser realizadas sem maior consubstanciação científica, pois poucas são as investigações relativas aos tipos de exercícios que devem ser incorporados antes da realização de testes que estimem a força máxima (Simão, 2003). Assim, o objetivo do estudo foi de verificar as respostas na contração voluntária máxima (máximo de repetições) obtidas no exercício Rosca direta a 80% 1-RM, após a aplicação de um aquecimento específico, de uma pré-ativação da musculatura antagonista e sem aquecimento prévio.

## DESCRIÇÃO METODOLÓGICA

### Amostra:

Foram avaliados 11 indivíduos, do sexo masculino, com idade média de 23,5 ( $\pm$  2,3 anos) praticantes de exercícios resistidos, com pelo menos seis meses de treinamento. Para a caracterização da amostra, foi realizada a mensuração do peso ( $80,4 \pm 4$  kg) e estatura ( $177 \pm 4,1$  cm), balança Filizola e estadiometro Cardiomed. Todos os voluntários foram esclarecidos e orientados a respeito de sua participação no estudo e, após concordarem em participar do mesmo, assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido, responderam negativamente aos itens do questionário PAR-Q.

### Protocolos:

Inicialmente foram realizados testes de 1RM para o exercício Rosca Direta (RD) e Tríceps Pulley (TP) para obtenção da Carga máxima (CM). Para estabelecer o peso que gerava a Carga Máxima (CM) no teste de 1RM no movimento de flexão de cotovelo utilizou-se uma barra reta livre (6 kg), e para a realização do tríceps pulley um aparelho de polia superior da marca Righetto, serie High Tech modelo HT2040. Para melhor esclarecimento das formas de execução dos exercícios foram adotadas as seguintes etapas de execução:

### Rosca Direta (RD):

- a) Posição inicial - O indivíduo em pé, pernas paralelas com um pequeno afastamento lateral, mantendo os joelhos estendidos, quadris na posição anatômica, braços ao longo do corpo com as mãos supinadas segurando a barra e a cabeça posicionada com o plano de Frankfurt (GORDON, 1998).
- b) Fase concêntrica - A partir da posição inicial, realizava-se a flexão completa do (s) cotovelo (s).
- c) Fase excêntrica – Retorno da barra a posição inicial.

### Tríceps Pulley (TP):

- a) Posição inicial - O indivíduo em pé, pernas paralelas com um pequeno afastamento lateral, mantendo os joelhos estendidos, quadris na posição anatômica, braços ao longo do corpo com

as mãos na pegada neutra segurando a barra e a cabeça posicionada com o plano de Frankfurt. Devido a uma grande desvantagem mecânica para a realização do movimento a partir da flexão do cotovelo estabelecemos que o teste seria executado a partir da sua fase excêntrica para uma flexão total do cotovelo e a partir daí seria realizada a fase concêntrica, voltando assim a fase inicial.

- b) Fase concêntrica - A partir da flexão total do cotovelo, realizava-se a extensão completa dos mesmos.
- c) Fase excêntrica – A partir da posição inicial até a flexão total do cotovelo.

Ao iniciar o teste de 1RM os avaliados realizavam uma execução máxima na maior velocidade possível até a obtenção da carga máxima. A cada nova tentativa, realizavam-se incrementos progressivos. Um intervalo de três a cinco minutos era permitido entre cada tentativa. O procedimento no teste de 1RM tinha o propósito de obter a carga máxima e, quando o avaliado não conseguia mais realizar o movimento completo de forma correta, o teste era interrompido. Dessa forma, validou-se como carga máxima a que foi obtida na última execução correta. O estudo consistia de três protocolos distintos que averiguaram a influência de diferentes formas de aquecimento:

### Protocolo 1

Controle: Os sujeitos não realizaram nenhum tipo de aquecimento prévio ao exercício Rosca direta a 80% de 1 RM.

### Protocolo 2

Aquecimento através da ativação agonista (Aquecimento específico - AE): Os voluntários executavam uma série de 15 repetições com um percentual de 40% de 1RM do exercício Rosca direta e após 30 segundos de recuperação realizavam uma série do exercício rosca direta a 80% de 1RM até a falha concêntrica voluntária máxima.

### Protocolo 3

Aquecimento através da pré-ativação antagonista: Os voluntários executavam uma série de 15 repetições com um percentual de 40% de 1RM do exercício tríceps pulley e após 30 segundos de recuperação realizavam uma série do exercício rosca direta a 80% de 1RM até a falha concêntrica voluntária máxima.

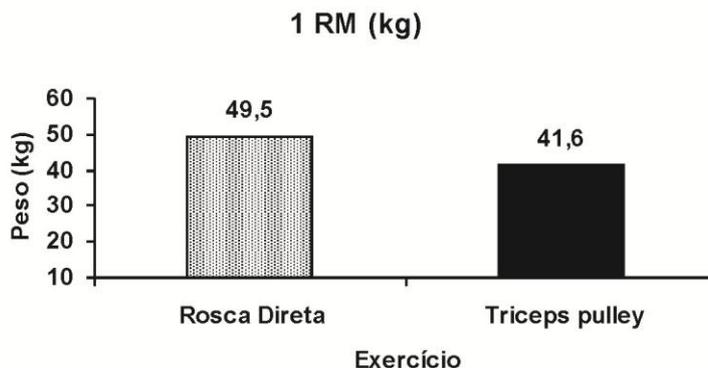
## ANALISE ESTATISTICA

Para a análise estatística dos dados foi realizada ANOVA com teste post hoc de Tukey e foi adotado um nível de significância de  $P < 0,05$ . Para a análise foi utilizado o programa SPSS for Windows.

## DESCRIÇÃO DOS RESULTADOS

O resultado médio no teste de 1 RM no exercício rosca direta foi de 49,5 +/- 4,3 kg, no exercício de tríceps no pulley o peso encontrado para 1 RM foi de 41,5 +/- 4,6. A figura 1 apresenta os valores médios no teste de 1 RM.

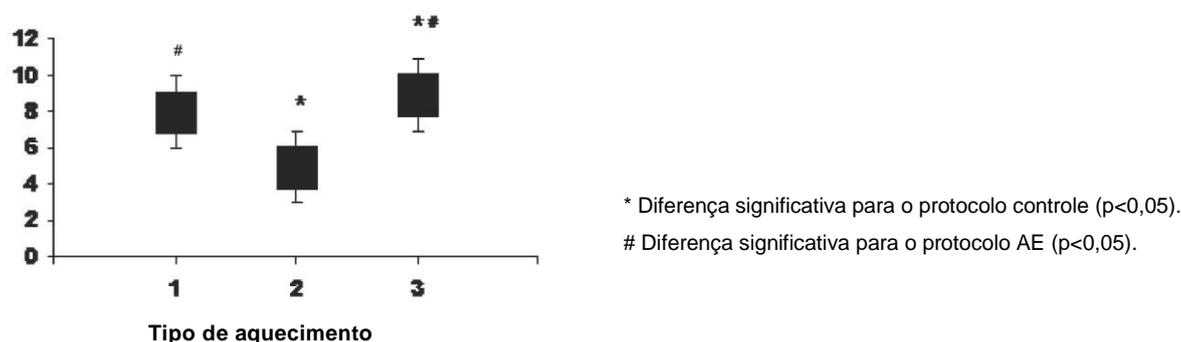
Figura 1



Realizando as repetições máximas com 80% RM, os resultados médios se mostraram da seguinte forma: 5 +/- 0,8 RM no trabalho de aquecimento específico; 9 +/- 1,3 RM no trabalho de pré-

ativação da musculatura antagonista; e 8 +/- 0,7 RM no trabalho controle. A figura 2 apresenta os valores do número de repetições realizadas em cada um dos protocolos. Houve diferença significativa entre os três protocolos avaliados (P=0,000).

**Figura 2**



De um total de 11 indivíduos, 9 (81,8%) apresentaram um maior volume de repetições no trabalho de pré-ativação da musculatura antagonista, enquanto 1 (9,1%) apresentaram um maior volume de repetições no trabalho controle, sem nenhum tipo de aquecimento realizado antecedendo a serie e 1 (9,1 %) o volume de repetições igual tanto para os protocolos controle e aquecimento específico. Todos os indivíduos avaliados apresentaram o menor volume no aquecimento específico.

De acordo com a literatura esses dados podem ser explicados dentre outros fatores pela adaptação neural que está relacionada a uma melhora na coordenação intermuscular, que seria a melhora na relação agonista-antagonista (co-contração), melhora na relação agonista-sinergista (FLECK e KRAEMER, 1997). A coordenação intermuscular ocorre quase que simultaneamente com a coordenação intramuscular, diferenciando-se desta pelo fato de ocorrerem ajustes entre as musculaturas envolvidas em um ato motor. A coordenação intramuscular, que pode ser definida como uma melhora na relação do recrutamento de unidades motoras, maior sincronização dos impulsos no motoneurônio e melhor regulação da frequência de impulsos das Unidades Motoras (Ereline, 2005). A coordenação intramuscular surge como um dos fatores decorrentes da adaptação neurogênica e vem mais uma vez elucidar a função representada pelas unidades motoras nesse processo (MAIOR e ALVES, 2003). A melhora da ativação das unidades motoras é justamente o que possibilita uma das primeiras alterações adaptativas no sistema neuromuscular (BACURAU et al 2001).

Quanto a melhora das funções intramusculares, Weineck (1999) destaca que o aumento da capacidade de um músculo em mobilizar o maior número de unidades motoras causa aumento da capacidade de se desenvolver força de contração. A ocorrência da coordenação intramuscular na fase de adaptação neural, quando se verifica o aumento da solicitação das unidades motoras. O treinamento de força pode também contribuir com outros fatores neurais, como a co-ativação dos músculos agonista e antagonista. Esses têm por resultado a eficiência melhorada de ambos os grupos (agonista e antagonista) que combinam junto para contrair-se e relaxar durante todo o teste padrão do movimento (Wilmore; Costill, 1999).

Outro fator que pode influenciar nos resultados obtidos é o tempo de treinamento, como observou Corolan e Cafarelli (1992) em um estudo que, após 8 semanas de treinamento de força em 20 estudantes universitários masculinos sedentários, realizando exercícios unilaterais de extensão de joelho, três vezes por semana, ocorreu a redução de aproximadamente 20% na co-ativação. Após o período de testes, foram detectados aumentos de 32,8% em relação a força muscular da perna treinada, não havendo mudanças na atividade eletromiográfica integrada. Achados semelhantes foram mostrados em um estudo de Hakkinen et al (1998) que estudaram idosos durante um período de 6 meses, em que os mesmos foram submetidos a o treinamento de força realizando extensões de joelho. Ao final do estudo observaram aumentos das ativações voluntárias dos agonistas, com reduções significativa na co-ativação dos antagonistas. Dentro da mesma linha de pesquisa, Ferri et al (2003) avaliaram idosos na faixa etária entre 65 e 81 anos que realizaram extensões de joelho e flexões plantares, com intensidade de aproximadamente 80% de 1 RM. Os resultados seguiram as mesmas estatísticas do estudo

anteriormente citado, com diminuição da co-ativação dos músculos antagonistas e uma movimentação neural aumentada.

A ativação simultânea dos músculos antagonistas pode ser associada à atividade dos agonistas, especialmente com movimentos fortes e rápidos (MAIOR e ALVES, 2003; CORCOS, 1989) em que é possível prover estabilidade, precisão e um mecanismo de freio (KITAI, 1989). Um estudo (Baratta, 1988) mostrou que durante extensões máximas de joelho, seus flexores antagonistas geraram um torque igual a aproximadamente 10% do torque extensor total. Sugerindo assim que essa relação de concentração de agonista-antagonista possa estar presente também em outras articulações, como por exemplo a do cotovelo.

Os resultados do presente estudo mostraram que o protocolo de pré-ativação da musculatura antagonista obteve um volume maior no número de contrações voluntárias máximas do músculo agonista avaliado. Levando em consideração que o trabalho agonista foi realizado com 80% RM com movimentos rápidos e fortes, uma vez que eles eram realizados até a falha concêntrica, podemos dizer que possivelmente houve uma diminuição da co-ativação da musculatura antagonista, visto que este protocolo apresentou resultados significativamente maiores do que o protocolo de aquecimento específico e controle.

Segundo PRENTICE (2004) dois fenômenos neurofisiológicos ajudam a explicar a facilitação e a inibição dos sistemas neuromusculares. O primeiro é conhecido como inibição autogênica que é mediada por fibras aferentes de um músculo estirado, agindo sobre os neurônios motores alfa que suprem aquele músculo causando relaxamento. Como os neurônios motores inibitórios recebem impulsos dos OTGs enquanto os fusos musculares criam excitação inicial reflexa levando à contração, os OTGs aparentemente enviam impulsos inibitórios que persistem pela duração do aumento de tensão (resultando de estiramento passivo ou contração ativa) e, eventualmente, dominam os impulsos mais fracos do fuso muscular. Quando um músculo é alongado os neurônios motores recebem impulsos excitatórios e inibitórios. Se o estiramento for continuado por um período prolongado, os sinais inibitórios dos OTGs superam os impulsos excitatórios, causando relaxamento.

Um segundo mecanismo conhecido como inibição recíproca trata das relações entre os músculos agonista e antagonista. Assim, a contração ou estiramento prolongado do músculo agonista deve produzir relaxamento ou inibir o antagonista. Do mesmo modo, um rápido estiramento do músculo antagonista facilita a contração agonista. Dentro deste mesmo mecanismo, o presente estudo observou que uma ativação da musculatura antagonista através de contrações voluntárias a 40% RM pode ter contribuído para uma facilitação de contrações voluntárias da musculatura agonista, uma vez que o número de repetições voluntárias no exercício avaliado com a pré-ativação da musculatura antagonista foi superior ao protocolo de aquecimento específico.

Observamos que o volume de repetições para o grupo com aquecimento específico, foi menor que os demais, possivelmente pelo fato de um aquecimento com 40% de 1RM ter gerado um desgaste neural e metabólico, uma vez que o intervalo de recuperação utilizado no protocolo não promoveu uma completa recuperação, fazendo assim com que a musculatura do bíceps quando submetida ao teste com um percentual maior da carga (80% 1RM), já estivesse com suas unidades motoras do tipo I desgastadas, fazendo assim com que o estímulo na musculatura já começasse com estas sem suas condições ideais, tornando assim o caminho até a fadiga mais curto. Dando suporte a hipótese, Stephens citado por Taneda (2006), verificou que durante a fadiga, tanto a força quanto o disparo de estímulo na musculatura diminuem. No que diz respeito a rendimento, nenhum estudo foi encontrado na literatura. Apenas um estudo de Simão et. al. 2003, verificou a influência do aquecimento específico e do alongamento como forma de aquecimento no teste de 1 RM. Não houve diferença significativa entre os dois métodos. Em outro estudo Tricoli e Paulo, 2002, que comparou no teste de 1 RM o aquecimento através de exercícios de alongamento estático e sem nenhum tipo de alongamento. O grupo que realizou exercícios de alongamento apresentou menor rendimento no teste.

## CONCLUSÃO

Com base nos resultados do estudo, podemos concluir que a realização de uma pré-ativação do músculo antagonista promove melhoras na resposta agonista no volume total da série subsequente, com intensidade de 80% RM no exercício Rosca Direta. Observamos também que o aquecimento específico com o percentual sugerido no presente trabalho associado, ao intervalo reduzido, se mostrou contraproducente, não sendo essa a melhor estratégia de aquecimento para quem almeja um maior volume de treino. Para novas investigações, sugere-se a aplicação do presente protocolo numa sessão

de treino completa, assim como a utilização de exercícios multiarticulares, diferentes percentuais de carga e intervalo de recuperação, amostra diferente no que diz respeito a idade, sexo e tempo de treinamento.

## REFERENCIAS

- American College of Sports Medicine. Position stand on progression models in resistance training for healthy adults. **Med. Sci. Sports Exerc.** 34:364 – 380. 2002.
- BACURAU, R. F.; NAVARRO, F. **Hipertrofia, Hiperplasia**: fisiologia, nutrição e treinamento. São Paulo: Ed. Phorte, 2001.
- BARATTA, R., SOLOMONOW, M., ZHOU, B.H., LESTÓN, D., CHUINARD, R., D'AMBROSIA, R. Muscular coactivation. The role of the antagonist musculature in maintaining knee stability. **American Journal of Sports Medicine** 1988; 16: 113-22.
- BARBANTI, V., TRICOLI, C., UGRINOWITSCH. Relevância do conhecimento científico na prática do treinamento físico. **Rev. paul. Educ. Fís.**, São Paulo, v.18, p.101-09, ago. 2004.
- CORCOS, D.M., GOTTLIEB, G.L., AGARWAL, G.C. Organizing principles for single-joint movements. II. A speed sensitive strategy. **Journal of neurophysiology** 1989; 62: 358-68.
- COROLAN, B.; CAFARELLI, E. Adaptations in coactivations after isometric resistance training. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v.73, p.911-917, 1992.
- ERELINE, J. **Contractile properties of human skeletal muscle: association with sports training, fatigue and posttetanic potentiation**. Institute of exercise biology and physiotherapy, Dissertation of Doctor. University of Tartu, Tartu, Estonia Pagina 17. 2005.
- FERRI, A.; SCAGLIONI, G.; POUSSON, M. Strength and power changes of the human plantar flexors and knee extensors in response to resistance training in old ages. *Acta physiology scand*, Boston, v.177, n.1: p. 69-78, 2003.
- FLECK, S. J.; KRAEMER, W. J. **Designing Resistance Training programs**, 2<sup>nd.</sup>, ed. Champaign: Human Kinetics, 1997.
- FLECK, S. J., KRAEMER, W. J. **Fundamentos do treinamento de força muscular**. 2<sup>a</sup> edição – Porto Alegre: Artmed., 1999.
- GORDON, C.C., CHUNLEA, W.C., ROCHE, A .F. **Stature, recumbent length and weight anthropometric standardization reference manual**. Champaign: Human Kinetics, 1988.
- HAKKINEN, K.; KALLINEN, M.; IZQUIEDO, M.; JOKELAINEN, K.; LASSILA, H.; MALQUIA, E.; KRAEMER, W.J.; NEWTON, R.V.; ALLEN, M. Changes in agonist and antagonist EMG, muscle CSA, and force during strength training in middle-aged, and older people. **Journal of applied physiology**, Bethesda, n.84, p.1341-1349, 1998.
- HOLCOMB, W.R. Improved stretching with proprioceptive neuromuscular facilitation. **J Strength Cond Res** 2000;22:59-61.
- KITAI T. A., SALE DG. Specificity of joint angle in isometric training. **European journal of applied physiology** 1989; 58: 744-8.
- MAIOR, A. S.; ALVES, A. A contribuição dos fatores neurais em fases iniciais do treinamento de força muscular: uma revisão bibliográfica. **Motriz**, Rio Claro, v.9, n.3, p.161-168, set/dez. 2003.
- MONTEIRO, W., SIMÃO, R., FARINATTI, P.T.V. Manipulação na ordem dos exercícios e sua influencia sobre numero de repetições e percepção subjetiva de esforço em mulheres treinadas. **Rev. Brás. Méd. Esporte** – Vol 11, nº 2 – Mar/Abr, 2005.
- PRENTICE, W. E. **Modalidades terapêuticas para fisioterapeutas**. 2<sup>a</sup> edição, Artmed, 2004.
- SIMÃO, R., GIACOMINI, M. B., DORNELLES, T. S., MARRAMON, M. G. F., VIVEIROS, L. E. Influência do aquecimento específico e da flexibilidade no teste de 1RM. **Revista Brasileira de Fisiologia do Exercício** – Vol. 2, 134-160, 2003.
- SIMÃO, R. **Fundamentos fisiológicos para o treinamento de força e potência**. – São Paulo: Phorte, 2003.
- TANEDA, M., POMPEU, J.E., Fisiologia e importância do órgão tendinoso de golgi no controle motor normal. **Revista neurociência** – Volume 14, 37-42, 2006.
- TRICOLI, V. PAULO, A .C. Efeito agudo dos exercícios de alongamento sobre o desempenho de força máxima. **Revista Bras Ativ Física Saúde**, 2002; 7:6-13.
- WEINECK, J. **Treinamento ideal**. São Paulo: Manole, 1999.
- WILMORE, J.H.; COSTILL, D.L.; **Physiology of sport and exercise**. 2<sup>nd.</sup> Ed .EUA: Human kinetics, 1999