

A contribuição dos fatores neurais em fases iniciais do treinamento de força muscular: uma revisão bibliográfica

Alex Souto Maior
Antônio Alves

¹CEPLAC - Universidade Gama Filho RJ
²Instituto Brasileiro Médico de Reabilitação RJ

Resumo: Os testes padrões crônicos da atividade, tais como o treinamento da força, marcam as adaptações nos sistemas muscular e nervoso. Nesta revisão, alguns dos mecanismos envolvidos são examinados e revelam a importância da ação do sistema nervoso central e todas as suas partes constituintes sobre os componentes musculares no movimento humano e no desenvolvimento da força. Demonstrou-se como as adaptações neurogênicas e todos os processos neurofisiológicos envolvidos, apresentam total importância nos incrementos de força e no controle motor de indivíduos iniciantes, praticantes do treinamento de força. Foram focados tópicos como: ganhos de força no início do treinamento, desenvolvimento da coordenação intramuscular e intermuscular, fatores neurais e sistema neuromuscular, co-ativação e déficit bilateral. Concluindo, assim, que os fatores neurais correlacionam-se aos ganhos progressivos de força, durante as fases iniciais do treinamento de força

Palavras-chave: Adaptação neural, treinamento de força, ganhos de força.

The contribution of the neural factors in the initial phases of muscle strength training: a review of the literature

Abstract: Tests for standards of chronic activity such as strength training mark adaptations in the muscular and nervous systems. In this review some of the involved mechanisms are examined in order to disclose the importance of the action of the central nervous system and all of its constituent parts on human movement and the development of strength. There is a consensus that neural adaptations and all of the neuropsychological processes are fundamental for improving motor control and developing muscle strength for individuals who are beginners and advanced in muscle training. Topical foci are: the profits of strength at the beginning of training, neural development and coordination to intra-muscular and inter-muscular neural factors and the neuromuscular system, co-activation and bilateral deficit. A final conclusion was that, during early stages of muscle training, the neural factors correlate with progressive increments in strength.

Key Words: Neural adaptation, strength training, profits of strength.

Introdução

Muitos são os trabalhos que evidenciam a importância da força muscular. O treinamento de força tem demonstrado ser efetivo na melhoria de várias capacidades funcionais, bem como o aumento da massa muscular (American College of Sports Medicine - ACSM, 1998, 2002; POLLOCK et al., 2000; FLETCHER et al., 2001). Assim, o ACSM (2002) preconiza que o treinamento de força, desenvolve respostas benéficas tanto para estética, saúde e reabilitação. Durante o treinamento de força, para que ocorra resposta aos estímulos, os músculos respondem através da ação neural. A adaptação neural torna-se predominante durante as fases iniciais do treinamento de força (MORITANI; DeVRIES, 1979). Em que as fases intermediárias e avançadas do treinamento de força,

passam a ser prioridade as adaptações musculares, ou seja, fatores hipertróficos (MORITANI; DeVRIES, 1979), reduzindo a ação neural, em relação ao início do treinamento.

Os estímulos preliminares para aumentar a força máxima, podem ser exercidos através do treinamento de força, em que o desenvolvimento repetido da força pelos músculos esqueléticos em níveis acima daqueles encontrados nas atividades diárias, recrutam mais unidades motoras, conseqüentemente maior tensão muscular (HELLEBRANT; HOUTZ, 1956). O aumento na força é proporcional à quantidade de sobrecarga, tal como medido pela força relativa desenvolvida e pelo número das ações musculares executadas durante o treinamento de força (HELLEBRANT; HOUTZ, 1956). Aumentos da força muscular após o treinamento intenso de força, são devidos à ativação neural aumentada do

músculo (HAKKINEN et al, 1985; RUTHERFORD e JONES, 1986, 1987; SALE, 1988). A luz destas considerações, serão discutidas de forma concomitante as contribuições dos fatores neurais durante o início do treinamento de força. Destaca-se como objetivo deste estudo, as adaptações neurais pertinentes para os ganhos de força iniciais, além de seus mecanismos inibitórios.

Adaptação neural e treinamento de força

Ganhos iniciais de força

O treinamento da força conduz às adaptações neurais e estruturais no sistema neuromuscular (HAKKINEN, 1994; ENOKA, 1997; FLECK et al, 1996; McCOMAS, 1994). A força é caracterizada pela habilidade do sistema nervoso de ativar os músculos envolvidos em movimentos específicos. O controle neural destes músculos, durante exercícios de treinamento de força, pode ser muito intrínscica. Em conseqüência, os ganhos de força, originam-se dentro do sistema nervoso pelo fato da ocorrência das adaptações neurais (MORITANI e DeVRIES, 1979; ENOKA, 1997; McCOMAS, 1994; CARROLL et al, 2001). A adaptação neural é um conceito que, freqüentemente, pode ser mal entendida e negligenciado ao projetar programas de treinamento. Quando um indivíduo começa primeiramente a treinar, a adaptação preliminar que experimentará será a neurológica. Enoka (1988) discute que os ganhos da força podem ser conseguidos sem mudanças estruturais no tamanho do músculo, mas não sem a ocorrência das adaptações neurais. O aumento inicial na força muscular ocorre mais rapidamente do que hipertrofia muscular, relacionando-se ao aprendizado motor (MORITANI, 1992; CARROLL et al, 2001). Seguindo essas conclusões, o ACSM (2001) apresentou investigações precedentes em relação às adaptações neurais e às contribuições hipertróficas aos ganhos da força de músculo. Alguns de seus membros estudaram grupos destreinados, para executar oito semanas de treinamento de força progressivo. No fim do treinamento, ambos os grupos exibiram aumentos de força máxima. Contudo, o mais importante foram as medidas EMG (eletromiografia) indicadoras de que as mudanças na atividade contrátil dos músculos são fundamentais para aumentos da força, apresentando total relação com as adaptações neurais. Em relação à hipertrofia, ela aumenta gradualmente após as adaptações neurais ocorrerem. Moritani e DeVries (1979) testaram exercícios de flexão de cotovelo e notaram mudanças significativas em relação ao braço treinado, na área de secção transversa tanto quanto ao nível de atividade neural, tornando-se fatores importantes para o ganho da força. O braço destreinado mostrou ganhos de força, 162

associado com o aumento no nível de atividade neural. A conclusão do estudo, observou que os fatores neurais contribuíram pela maior parte dos ganhos de força na fase inicial do treinamento, visto que mais tarde os fatores hipertróficos eram os principais contribuintes. Em relação comparativa ao treinamento unilateral Carolan e Cafarelli (1992), estudaram 20 estudantes universitários masculinos sedentários, realizando extensões de joelhos unilaterais 3 vezes por semana durante 8 semanas. Após as 8 semanas, foram detectados aumentos de 32,8% em relação à força muscular na perna treinada, não havendo mudança na atividade eletromiográfica integrada. Estas informações fornecem um parâmetro significativo de que no início do treinamento de força, ocorre o desenvolvimento da coordenação intramuscular e intermuscular, conseqüentemente o desenvolvimento da sincronização (quando todas as fibras musculares são recrutadas ao mesmo tempo), nível de estimulação neural e recrutamento de unidades motoras. Após a ocorrência dessas adaptações de níveis neurais, dá-se início aos fatores hipertróficos. Assim torna-se prescindível a ocorrência das adaptações neurais e, conseqüentemente, ganhos de força.

De acordo com o posicionamento do ACSM (2002) fundamentado por uma série de revisões de estudos científicos, relata-se que os ganhos de força são mais relevantes durante as fases iniciais do que nas fases intermediárias e avançadas do treinamento de força (tabela 2.1), pelo fato da ocorrência das adaptações neurais.

Tabela - A tabela apresenta os ganhos de força de acordo com a progressão do treinamento. Adaptado do ACSM.

GRUPOS	GANHOS DE FORÇA (%)
Destreinados	40%
Moderados	20%
Treinados	16%
Avançados	10%
Elite	2%

A partir da tabela apresentada acima, algumas pesquisas concluem que os ganhos de força ocorrem dentro de um prazo de 4 a 8 semanas de treinamento de força (O'BRYANT et al, 1988; HICKSON et al, 1994) que demonstraram repetidamente ocorrência de aumentos na força resultantes das adaptações neurais significativas, e não apresentando resultados do tamanho aumentado do músculo (hipertrofia) durante o treinamento de força. De acordo com essa afirmação Gordon et al (1996) estudaram 54 mulheres entre

18 e 35 anos, apresentando aproximadamente as mesmas características físicas. As mulheres foram submetidas ao treinamento de força (extensão de joelho) durante um período de 10 semanas, submetidas a ressonância magnética antes e após o treinamento, que concluiu aumentos da ativação neural e hipertrofia muscular. O provável aumento da hipertrofia neste estudo, seria resultante da estabilização da adaptação neural ocorrida no início do treinamento, dando continuidade com os fatores hipertróficos, mantendo o que foi comprovado na literatura. Cole e Yue (1992) compararam a produção voluntária de força máxima depois de um programa de treinamento de contrações repetitivas do músculo, com o débito de força em relação a um programa de treinamento que não envolvesse contrações repetitivas do músculo (treinamento mental). O estudo foi dividido em 2 grupos, o 1º envolveu abduções de punho, realizadas 4 vezes por semana e o 2º pretendeu produzir estas mesmas contrações, através do treinamento mental. Os resultados dos testes geraram surpresas entre os pesquisadores, pois a força média da abdução do punho esquerdo aumentou 22% para o grupo que realizou o treinamento mental e 30% para o grupo que realizou as contrações. Com isso apresentaram conclusões que os aumentos da força podem ser conseguidos sem ativação repetida do músculo (ENOKA, 1997).

Os ganhos da força parecem resultar dos efeitos da prática do motor central, e adicionam as evidências existentes para a origem neural dos aumentos de força que ocorrem antes da hipertrofia muscular. Destaca-se também a importância de exercitar-se através da amplitude muscular, pois este tipo de exercício apresenta um efeito predominante de maior ativação neural, com isso beneficiando a velocidade angular (BABAULT et al, 2003). Assim conclui-se que exista uma ligação entre a adaptação neural e a hipertrofia em relação a força muscular (SALE, 1992).

Coordenação intramuscular

A coordenação intramuscular surge como um dos fatores decorrentes da adaptação neurogênia e vem mais uma vez elucidar a função representada pelas unidades motoras nesse processo. 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 à melhora das funções intramusculares, Weineck (1999) destaca que o aumento da capacidade de um músculo em mobilizar um maior número de Unidades Motoras, causa aumento da capacidade de se desenvolver força de contração.

No início do treinamento, constata-se a importância da existência da coordenação intramuscular para todas as

modalidades esportivas, principalmente aquelas que exigem potência e força. Assim, a ativação das unidades motoras irá proporcionar a um determinado músculo a participação mais ativa, realizadas nas mais diversas circunstâncias. Hollmann e Hettinger (1983) verificam a coordenação intramuscular como uma cooperação-neuromuscular dentro de uma seqüência de movimentos determinada em cada um dos músculos isoladamente. A ocorrência da coordenação intramuscular se dá na fase da adaptação neural, quando se verifica o aumento da solicitação das unidades motoras. A justificativa para este fato é que indivíduos não-treinados não conseguem pôr em ação o recrutamento das unidades motoras específicas para um movimento em comparação a atletas treinados. Em relação a indivíduos treinados e destreinados, Weineck (1991) mostra que o treinado adquire a capacidade de ativar simultaneamente mais unidades motoras de um músculo. Fala-se de uma melhora na coordenação intramuscular: ao contrário dos destreinados que só conseguem colocar simultaneamente em ação um determinado percentual de fibras musculares ativáveis. Os indivíduos treinados apresentam uma quantidade de fibras musculares contráteis ativadas sincronizadamente, significando maior recrutamento de unidades motoras e com isso também a força total do músculo (BACURAU et al 2001). Com o que foi visto até o momento sobre a coordenação intramuscular, pode-se constatar a estreita ligação desta com o princípio do tamanho ocorrido com as unidades motoras.

Coordenação intermuscular

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. O aprimoramento das capacidades coordenativas dos sistemas musculares acontece pelo direcionamento aumentado da inervação nas musculaturas. O aumento da inervação intermuscular pode ser explicado devido à melhora da coordenação dos grupos musculares participantes de um determinado movimento. Tanto agonistas quanto antagonistas desempenham um importante papel (WEINECK, 1999). A coordenação intermuscular, no entanto, representa a cooperação de diversos músculos em relação a uma seqüência que se tem em vista (HOLLMANN; HETTINGER, 1983). Assim a coordenação intermuscular vem evidenciar a sua importância no esporte quando a força necessária para um determinado movimento e a técnica com que este é executado, ocorrendo a reunião entre a eficiência e a coordenação motora.

A aplicação quanto ao desenvolvimento da força, que apresenta as solicitações das unidades motoras, determina que a coordenação intermuscular aparece também como ferramenta de incremento da força. Ocorre o recrutamento das musculaturas necessárias e seus sinergistas ao máximo, promovendo a inibição das musculaturas antagonistas e finalmente mantendo a integridade das articulações através das musculaturas estabilizadoras. De acordo com essa afirmação, Weineck (1999) defende que reduzido controle intermuscular, seja quanto aos sinergistas ou aos antagonistas, leva a uma diminuição do desenvolvimento de força dinâmica máxima possível. Desta forma a coordenação intermuscular apresenta-se como mais um evento ocorrido durante a adaptação neurogênica devido às claras evidências do aumento desta em indivíduos treinados quando comparados a indivíduos não-treinados.

Fatores neurais e sistema neuromuscular

O movimento humano é controlado e regulado pelo sistema nervoso central (SNC). Embora o cérebro seja o controlador principal das atividades dos músculos, em que muitas das suas atividades ocorrem no nível espinhal, e o arco reflexo é o mecanismo básico para atividades automáticas. Os impulsos são integrados e transmitidos ao órgão periférico. A reação do processo contrátil da fibra muscular é controlada pela soma de impulsos neurais inibitórios e excitatórios que transmitem continuamente aos neurônios e determinam seu potencial para a excitação (WILMORE; COSTILL, 1999). Assim os impulsos excitatórios excedem os impulsos inibitórios da fibra muscular, dando início à contração muscular. Este procedimento facilita de forma benéfica, o recrutamento de unidades motoras ativadas sincronizadamente.

As unidades motoras, definem-se como um nervo motor e todas as fibras por ele inervadas e torna-se a unidade funcional básica do músculo esquelético (BOMPA; CORNACHIA, 2000; FLECK; KRAEMER, 1997). Os ganhos de força destacam-se a partir de uma melhora na sincronização das unidades motoras, pelo fato de resultar maior velocidade de contração e aumentar, conseqüentemente, a capacidade de os músculos gerarem mais força. Segundo McArdle et al (1991), os ganhos iniciais de força caracterizam-se por um maior nível de excitação e subseqüente desinibição ou facilitação neural, resultando uma exacerbação na excitabilidade dos neurônios motores, portanto, um maior recrutamento de unidades motoras, que poderiam dar origem a uma ativação plena dos grupos musculares. A maior ativação neural mostra ser o mecanismo responsável pelo aumento da força muscular, que ocorre

quando se inicia um treinamento de força e que não estão relacionados à hipertrofia das fibras musculares. De forma crítica, McArdle et al (1991) preferem a teoria de assincronizada e sincronizada. Eles discutem que o teste padrão do recrutamento das unidades motoras depende do exercício que está sendo executado, pois nem todas as unidades motoras são solicitadas ao mesmo tempo. A partir da afirmação citada, Fleck e Kraemer (1997) concluem que se uma unidade motora é ativada, uma quantidade muito pequena de força é produzida. Se várias unidades motoras são ativadas, mais força é produzida. Se todas as unidades motoras em um músculo são ativadas, a força máxima produzida por um músculo, é denominado de somação de unidades motoras múltiplas. Assim o fato de o músculo contrair-se ou manter-se relaxado, depende do somatório dos impulsos nervosos recebidos pelas unidades motoras num determinado estímulo. Este controle diferencial de testes-padrão de recrutamento das unidades motoras de forma sincronizada é provavelmente o fator principal que distingue não somente os grupos atléticos específicos, mas também os treinados dos destreinados. Assim, o sistema neuromuscular quando estimulado pode ser utilizado e desenvolvido para alcançar melhores adaptações com o treinamento intenso de força, conseqüentemente objetivando um melhor desempenho motor (REDDIN, 1999).

As unidades motoras estabelecem a ligação entre os músculos e o sistema nervoso (principal componente para os ganhos de força iniciais), tornando o recrutamento das fibras musculares de forma sincronizada. O recrutamento das unidades motoras é determinado geralmente pelo tamanho de seu motoneurônio (CARROLL et al, 2001), que destaca-se por agrupar um número aproximado de 10 a 180 fibras por unidade motora de fibras lentas, e 300 a 800 fibras por unidade motora de fibras rápidas (WILMORE; COSTILL, 1999). Uma das características do maior recrutamento dos motoneurônios é conhecido como princípio do tamanho. Desta forma, o início do treinamento de força não estabelece a habilidade de recrutar uma porcentagem elevada de suas unidades motoras, e estas habilidades são fatores determinantes na aquisição da força muscular (FLECK; KRAEMER, 1997; SALE, 1987). Van Cutsem et al (1998) observaram em seu estudo que 5 homens realizando 10 séries do exercício de dorsoflexão, durante 12 semanas, recrutaram de forma ordenada (princípio do tamanho) as unidades motoras nas primeiras semanas de treinamento, passando a um maior recrutamento nas semanas seguintes (antes do treinamento 5,2%; depois do treinamento 32,7%). O princípio do tamanho proporciona uma base anatômica para o recrutamento ordenado de unidades motoras específicas a fim

de produzir uma contração muscular uniforme. Ele apresenta o recrutamento dos motoneurônios, de forma crescente, através dos menores motoneurônios para os maiores (BEAR et al, 2002; FLECK et al, 1996; SALE, 1987). Em recente publicação, Aagaard et al (2002) estudaram 14 homens (destreinados) participantes durante 14 semanas de treinamento de força que envolveram exercícios intensos para o músculo solear, em que as medidas foram avaliadas por meio do dinamômetro isocinético. A conclusão destacou que a movimentação do motor central aumentou e ocorreu maior excitabilidade dos motoneurônios. Em outro estudo, Larsson e Tesch (1998) descrevem que atletas, porém destreinados especificamente em relação ao treinamento de força, não realizam tensão máxima no recrutamento de unidades motoras durante o início do treinamento. Um outro mecanismo que representa a adaptação neural é o aumento da estimulação de unidades do motor durante o treinamento de força (gradação de força). Este mecanismo define-se, pelo fato de quanto maior o estímulo perto da tensão máxima, maior será o número de fibras recrutadas para gerar força (SALE, 1992, 1987; ACSM, 2002; ENOKA; FUGLEVAND, 1993), conseqüentemente um aumento na taxa do recrutamento dos motoneurônios (FLECK et al, 1996; CARROLL et al, 2001). De acordo com a literatura, os aumentos na atividade gravada através da eletromiografia (EMG) foram medidos depois do treinamento de força, em comparação à atividade do EMG antes do programa de treinamento, indicando que mais unidades motoras foram recrutadas (ENOKA, 1997; McCOMAS, 1994). Assim as unidades motoras se tornam ativas sob a influência dos impulsos que saem dos motoneurônios, mediante os quais as fibras musculares se contraem (VERKHOSHANSKI, 2001). A taxa dos impulsos do sistema nervoso aumentada, faz com que as unidades motoras possam gerar mais força, assim tornando-se um outro exemplo da adaptação neural.

Mecanismos inibitórios e adaptação neurogênica

Co-ativação

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 (agonistas e antagonistas) que combinam junto para contrair-se e relaxar durante todo o teste padrão do movimento (WILLMORE; COSTILL, 1999). Quando o agonista recebe o impulso para se contrair, seu antagonista relaxa através da inibição recíproca. Para que um músculo agonista produza força máxima, todas as unidades motoras dos músculos devem ser recrutadas para minimizar a

intensidade da co-ativação, assim ocorrendo a contração máxima. A ativação simultânea dos músculos antagonistas pode ser associada à atividade dos agonistas, especialmente com movimentos fortes e rápidos, que requerem precisão. Carolan e Cafarelli (1992) observaram em seu estudo que, após 8 semanas de treinamento de força, utilizando exercícios unilaterais de extensão de joelho, ocorreu a redução de aproximadamente 20% na co-ativação. Eles concluíram que esta diminuição pequena, mas significativa na co-ativação dos antagonistas, ocorre durante os estágios adiantados do treinamento de força, sendo uma adaptação que não provoca hipertrofia do sistema neuromuscular. Hakkinen et al (1998) estudaram idosos durante um período de 6 meses, em que os mesmos foram submetidos ao treinamento de força realizando extensões de joelho. Ao final do estudo observaram aumentos das ativações voluntárias dos agonistas, com reduções significativas na co-ativação dos antagonistas. Seguindo essas mesmas conclusões, 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 dos estudos anteriormente citados, com diminuição na co-ativação dos músculos antagonistas e uma movimentação neural aumentada. Assim, a co-ativação diminui o torque líquido produzido no sentido desejado. Sugere-se que o treinamento de força causa um aumento na inibição dos antagonistas (HAKKINEN, 1994; ENOKA, 1997). A redução da co-ativação explica parte dos ganhos de força atribuídos aos fatores neurais.

Deficit bilateral

Muitos exercícios da força são executados bilateralmente, como flexão de cotovelo, extensão de joelho etc. Em alguns estudos constataram que indivíduos destreinados ao executarem exercícios de força, produziam menos força unilateralmente do que bilateralmente (HOWARD; ENOKA, 1987).

Além de alguns pesquisadores, mostrarem haver diferenças significativas entre os membros superiores e inferiores, quando comparados entre si (VANDERVOOT et al, 1984; SCHANTZ et al, 1989). Simão et al (2003) avaliaram 32 mulheres entre 18 e 35 anos treinadas, que foram submetidas a aplicação de teste de 1 RM (repetição máxima), para determinar a carga máxima na extensão de joelhos uni e bilateral. Concluíram a partir da estatística, que através da determinação das cargas máximas os somatórios das unidades unilaterais, são superiores as bilaterais. Em outro estudo, mas avaliando membros superiores, Simão et al (2001) pesquisou 14 homens e 10 mulheres destreinados, que

foram submetidas a aplicação de teste de 1 RM (repetição máxima), para determinar a carga máxima na flexão de cotovelo uni e bilateral. Apresentaram a mesma conclusão citada no estudo anterior (somatório das ações unilaterais, superior as bilaterais). Um resultado foi esperado na discussão de ambos os estudos, de que 25% e 21%, respectivamente, dos avaliados apresentaram o trabalho bilateral, superior ao somatório unilateral, mas não ocorrendo respaldo para mudança na estatística dos resultados e conclusões. Com esses resultados, Simão et al (2001; 2003) contradiz, o que foi afirmado anteriormente, que exista diferenças significativas em relação ao déficit bilateral, comparando membros superiores e inferiores. Esta diferença, chamada deficit bilateral, é maior em alguns exercícios do que em outros. Quanto a ação inibitória das contrações bilaterais, sabe-se que a ação bilateral promove deficiência de estimulação das unidades motoras de ambos os membros, diferentemente da ação de apenas um membro onde o rendimento demonstra-se ser maior (HOWARD; ENOKA, 1991; SALE, 1987). HOWARD e ENOKA (1987) encontraram a presença do déficit bilateral, associada com o tipo de atividade. Este deficit era pequeno, mas de total significância para diferentes atividades. Sugeriu-se assim, que o deficit bilateral envolve a diminuição na ativação dos músculos solicitados e que o treinamento da força com movimentos bilateral diminua este déficit, pois as ações unilaterais aumentam o déficit bilateral. A ação do deficit bilateral é de grande importância para alguns esportes que tem como características a utilização de um só membro como é o caso do tênis, beisebol (arremessador), dardo (olímpico), entre outros, onde o treinamento em contrações unilaterais tende a maximizar a performance nesses esportes, que atuam através de focos unilaterais.

Considerações finais

Neste estudo de revisão, procurou-se demonstrar a importância das principais adaptações nervosas de forma concomitante ao treinamento de força. Assim, tentou-se oferecer subsídio aos profissionais que atuam na área, de que a prescrição do treinamento de força, deva respeitar o princípio do tamanho, em que no início do treinamento de força não estabelece a habilidade de recrutar uma porcentagem elevada de suas unidades motoras, e estas habilidades são fatores determinantes na aquisição da força muscular (FLECK; KRAEMER, 1997; SALE, 1987), além dos indivíduos apresentarem uma coordenação intramuscular lenta e velocidade de condução baixa.

O treinamento de força possui etapas distintas. No início do treinamento ocorrem as adaptações neurais essenciais para os ganhos de força, mas sem o devido aumento da massa muscular. As adaptações, de acordo com relatos de estudos, ocorrem durante o

período de 4 a 8 semanas (O'BRYANT et al, 1988; HICKSON et al, 1994). Deve-se enfatizar que o treinamento de força progressivo é essencialmente necessário para que desenvolva melhorias na sincronização das unidades motoras, conseqüentemente, melhor ativação dos motoneurônios (CARROLL et al, 2001). Em relação aos mecanismos inibitórios, foi comprovado nos relatos dos estudos que o treinamento de força reduz a co-ativação e o treinamento da força de forma bilateral reduz este déficit, pois as ações unilaterais aumentam o déficit bilateral. A força muscular aumentada, apresenta total importância para todas as populações, desde do destreinado ao treinado e do jovem ao idoso.

Referências

- AAGAARD, P.; SIMONSEN, E. B.; ANDERSEN, J. L.; MAGNUSSON, P.; DYHRE-POULSEN, P. Neural adaptation to resistance training: changes in evoked V-wave and H-reflex responses. *Journal of Applied Physiology*, Bethesda., v.92, p.2309-2318, 2002.
- AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE – ACSM. Progression Models in Resistance Training for Healthy Adults. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, Indianapolis, v.34, n.2, p.364-380, 2002.
- AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE – ACSM. Position Stand – Exercise and physical activity for older adults. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, Indianapolis, v.30, n.6, p.992-1008, 1998.
- AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE – ACSM. High-Velocity Training. Disponível em: www.acsm.org. Acesso em: set, 2001.
- BABAULT, N.; POUSSON, M.; MICHAUT, A.; VAN HOECKE, J. Effect of quadriceps femoris muscle length on neural activation during isometric and concentric contractions. *Journal of Applied Physiology*, Bethesda, v.94, n.3, p.983-990, 2003.
- BACURAU, R. F.; NAVARO F. Hipertrofia, Hiperplasia: fisiologia, nutrição e treinamento. São Paulo: Ed. Phorte, 2001.
- BEAR, M. F.; CONNORS, B. W.; PARADISO, M. A. *Neurociências / Desvendando o Sistema Nervoso*. Porto Alegre: Artes Médicas, 2002.
- BOMPA, T. O.; CORNACCHIA, L. J. *Treinamento de Força Consciente*. São Paulo: Ed. Phorte, 2000.
- CAROLAN, B.; CAFARELLI, E. Adaptations in coactivation after isometric resistance training. *Journal of Applied Physiology*, Bethesda, v.73, p.911-917, 1992.

- CARROLL, T. J.; RIEK, S.; CARLSON, R. G. Neural adaptations to resistance training: implications for movement control. **Sports Medicine**, Califórnia, v.31, n.12, p.829-840, 2001.
- COLE, K. L.; YUE, G. Strength increases from the motor program: comparison of training with maximal voluntary and imagined muscle contractions. **Journal Neurophysiol**, Bethesda, v. 67, p. 1114-1123, 1992.
- ENOKA, R. M. Neural adaptations with chronic Physical activity. **Journal of Biomechanics**, Nova York, v.30, p.447-455, 1988.
- ENOKA, R. M. Neural adaptations with chronic Physical activity. **Journal of Biomechanics**, Nova York, v.30, n.5, p.447-455, 1997.
- ENOKA, R. M.; FUGLEVAND, A. J. Neuromuscular basis of the maximum voluntary force capacity of muscle. In: GRABNIER, M.D. (Ed.) **Current issues in Biomechanics**, Champaign: Human Kinetics Books, p.53, 1993.
- 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 age. **Acta Physiology Scand**, Boston, v.177, n.1:p.69-78, 2003.
- FLETCHER, G.; BALADY, G.; AMSTERDAM, E.; CHAITYMAN, B.; ECKEL, R.; FLEG, J. Exercise standards for testing and training: a statement for healthcare professionals from the American Heart Association. **Circulation**, Dallas, v.104, p.1694-1740, 2001.
- FLECK, S. J.; KRAEMER, W. J. **Designing Resistance Training programs** 2.nd., ed. Champaign: Human Kinetics, 1997.
- FLECK, S. J.; KRAEMER, W. J.; EVANS, W. J. Strength and power training: physiological mechanisms of adaptation. **Exercise Sports Science Review**, Indianapolis, v.24, p.363-397, 1996.
- GORDON, L. W.; ELIZABETH, J. H.; KIRK, J. C.; BARRY, M. P. Effects of concentric and eccentric training on muscle strength, cross-sectional area, and neural activation. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v.81, p.2173-2181, 1996.
- HAKKINEN, K. Neuromuscular adaptation during Strength training, Aging, Detraining, and Immobilization. **Clinic Review Physiology Rehabilitation Medicine**, Nova York, v.6, n.3, p.161-198, 1994.
- HAKKINEN, K.; ALEM, M.; KOMI, P. V. Changes in isometric force-and relaxation – time characteristics of human skeletal muscle during strength training and detraining. **Acta Physiology Scand**, Boston, v.125, p.573-585, 1985.
- HAKKINEN, K.; KALLINEN, M.; IZQUIERDO, M.; JOKELAINEN, K.; LASSILA, H.; MALKIA, E.; KRAEMER, W. J.; NEWTON, R. U.; ALEN, M. Changes in agonist-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.
- HELLEBRANT, K.; HOUTZ, S. J. Mechanisms of muscle training in man: experimental demonstration of the overload principle. **Physiologic Therapy Review**, Texas, v.38, p.319-322, 1956.
- HICKSON, R. C.; HIDAKA, K.; FOSTER, C. Skeletal muscle fiber type, resistance training and strength related performance. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Indianapolis, n.26, p.593-598, 1994.
- HOLLMANN, W.; HETTINGER, T. H. **Medicina do Esporte**. Ed. Manole, 1983.
- HOWARD, J. D.; ENOKA, R. M. Interlimb interactions during maximal efforts. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Indianapolis, n.19, p. 53-61, 1987.
- HOWARD, J. D.; ENOKA, R. M. Maximum bilateral contractions are modified by neurally mediated interlimb effects. **Journal of Applied Physiology**. Bethesda, v.70, n.1, p.306-316, 1991.
- JONES, D. A.; RUTHERFORD, O. M. Human muscle strength training: the effects of three different regimes and the nature of the resultant changes. **Journal Physiologic**, London, England, v.391, p.1-11, 1987.
- LARSSON, L.; TESCH, P. A. Motor unit fiber density in extreme hypertrophied skeletal muscles in man. **European Journal of Applied Physiology**, Berlin, Germany, v.55, p.130-136, 1998.
- MCARDLE, W. D.; KATCH, F. L.; KATCH, V. L. **Exercise Physiology: Energy, Nutrition & Human Performance**. 3 rd ed. Baltimore: Williams & Wilkins, 1991.
- MC COMAS, A. J. Human neuromuscular adaptations that accompany changes in activity. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Indianapolis, v.26, n.12, p.1498-509, 1994.
- MORITANI, T. Time Course of Adaptations during Strength and Power Training. In: KOMI, P.V. **Strength and Power**

in Sport. The Encyclopedia of Sports Medicine. Oxford: Ed. Oxford; Blackwell Scientific Publications, 1992.

MORITANI, T.; DE VRIES, H. A. Neural factors versus hypertrophy in the time course of muscle strength gain. **American Journal Physiologic Medicine**, Illinois, n.58, p.115-130, 1979.

O'BRYANT, H S.; BYRD, R.; STONE, M. H. Cycle ergometer performance and maximum leg and hip strength adaptations to two different methods of weight –training. **Journal of Applied Science Research**, Columbia, v.2, p.27-30, 1988.

POLLOCK, M. L.; FRANKLIN, B. A.; BALADY, G. J.; CHAITMAN, B. L.; FLEG, J. L.; FLETCHER, B.; LIMACHER, M.; PINÂ, I. L.; STEIN, R. A.; WILLIAMS, M.; BAZZARRE, T. Resistance exercise in individual with and without cardiovascular disease: benefits, rationale, safety, and prescription. **Circulation**, Dallas, v.101, p.828-833, 2000.

RUTHERFORD, O. M.; JONES D. A. The Role of Learning and Coordination in Strength Training. **European Journal of Applied Physiology**, Berlin, n.55, p.100-105, 1986.

SALE, D. G. Neural adaptations to resistance training. **Medical Science Sports Exercise**, London, v.20, n.5, p.135-143, 1988.

SALE, D. G. Influence of exercise and training on motor unit activation. **Exercise Sports Science Review**, Indianapolis, n.15, p.95-151, 1987.

SALE, D. G. Neural Adaptation to Strength Training. In KOMI P. V. (Ed.). **Strength and Power in Sport. The Encyclopaedia of Sports medicine.** E.U.A.: Ed Oxford, Blackwell Scientific Publications, 1992.

SCHANTZ, P. G.; MORITANI, T.; KARLSON, E.; JOHANSSON, E.; LUNDH, A. Maximal voluntary force of bilateral and unilateral leg extension. **Acta Physiologic Scand**, Boston, v.136, p.185-192, 1989.

SIMÃO, R.; LEMOS, A.; VIVEIROS, L. E.; CHAVES, C. P. G.; POLITO, M. D. Força muscular máxima na extensão de perna uni e bilateral. **Revista Brasileira Fisiologia do Exercício**, Rio de Janeiro, n.2, p.47-57, 2003.

SIMÃO, R.; MONTEIRO, W. D.; ARAÚJO, C. G. S. Potência muscular máxima na flexão de cotovelo uni e bilateral. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, Rio de Janeiro, v.7, n.5, p. 157-162, 2001.

VAN CUTSEM, M.; DUCHATEAU, J.; HAINAUT, K. Changes in single motor unit behaviour contribute to the increase in contraction speed after dynamic training in humans. **Journal Physiology**, London, v.15, n.51, p.295-305, 1998.

VANDERVOOT, A. A., SALE, D. G., MOROZ, J. Comparasion of motor unit activation during unilateral and bilateral leg extension. **Journal of Applied Physiology**. Bethesda, v.56, p. 46-51, 1984.

VERKHOSHANSKI, Y. V. **Treinamento desportivo / Teoria e Metodologia.** Porto Alegre: Artes Médicas, 2001.

WILMORE, J. H.; COSTILL, D. L. **Physiology of Sport and Exercise.** 2nd. ed. E.U.A.: Human Kinetics, 1999.

WEINECK, J. **Biologia do Esporte.** São Paulo: Manole, 1991.

_____. **Treinamento ideal.** São Paulo: Manole, 1999.

Endereço:

Alex Souto Maior
Rua Tirol, 450 Apto 103 – Freguesia
Jacarepaguá RJ
22450-000
e-mail: alex.souto@ig.com.br

Manuscrito recebido em 13 de junho de 2003.

Manuscrito aceito em 03 de março de 2004.