

Treinamento da Força Muscular

Nelio Alfano Moura

(In: COHEN, M. e ABDALLA, R. Lesões nos Esportes, São Paulo: Revinter, 2003)

Introdução

Força Muscular é uma expressão que tem sido usada para definir a capacidade do músculo esquelético produzir tensão, força e torque máximos, a uma dada velocidade. A tensão gerada pelo músculo tende a provocar alguma mudança em seu comprimento, e conseqüentemente a alteração dos ângulos articulares, possibilitando assim o movimento. A força muscular é uma capacidade muito importante não apenas para o desempenho esportivo, mas também para a saúde, e pode se manifestar de diferentes maneiras. Para que possamos compreender suas formas básicas de manifestação, devemos, antes de mais nada, conhecer a estrutura e os tipos de ação da fibra muscular. Esse conhecimento nos permitirá, também, selecionar os meios e métodos de treinamento mais apropriados para cada necessidade específica.

Estrutura básica da fibra muscular

Embora uma discussão profunda sobre a anatomia da fibra muscular esteja muito além dos objetivos desse capítulo, é oportuno lembrar sua estrutura básica. A unidade estrutural que possibilita a ação muscular é a *unidade motora*, que consiste de um motoneurônio, seu axônio motor, e as fibras musculares por ele inervadas (Figura 1). Cada unidade motora pode contar com diferentes quantidades de fibras musculares, sendo que a variação é bastante grande: de 1 até 1000 ^{1,2}. A excitação do motoneurônio faz com que todas as fibras musculares que pertençam a essa unidade motora entrem em ação, não havendo como regular sua intensidade: ela obedece à chamada "lei do tudo-ou-nada" ³, que diz que a unidade ou atua em intensidade máxima, ou permanece relaxada. No entanto, é possível graduar a intensidade da ação do músculo recrutando-se uma quantidade diferente de unidades motoras ou variando a freqüência de ativação dessas unidades.

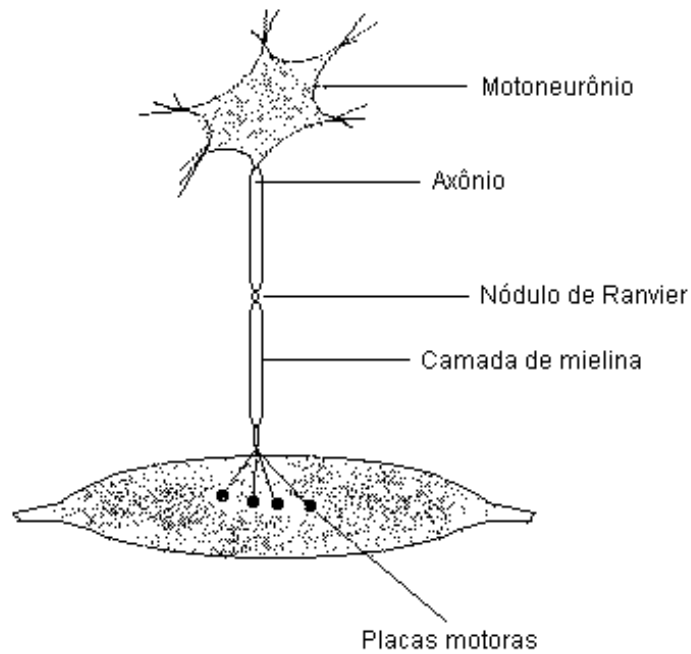


Figura 1. Unidade Motora

As fibras musculares são compostas em cerca de 80% por organelas contráteis cilíndricas, chamadas de miofibrilas ⁴. As miofibrilas são formadas por uma série de sarcômeros, que são as unidades contráteis da fibra muscular. Os sarcômeros, por sua vez, são formados por filamentos grossos (miosina) e finos (actina), que na presença de íons cálcio deslizam uns sobre os outros, possibilitando assim a ação muscular (Figura 2). A força gerada por essas estruturas é unidirecional, ou seja, sempre tende a encurtar o sarcômero ⁴.

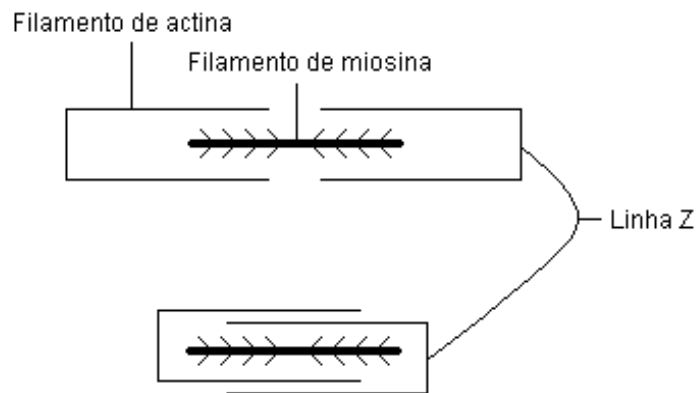


Figura 2. Sarcômero

Outros elementos importantes na composição das fibras musculares são os chamados componentes elásticos. Eles podem se dispor paralelamente aos elementos contráteis (como, por exemplo, a titina, que mantém a miosina posicionada exatamente no centro do sarcômero), ou em série com esses, como os elementos localizados na cabeça da miosina, na linha Z do sarcômero e nos tendões ⁵ (Figura 3). Esses últimos parecem ter um papel importante na otimização da produção de força, como será visto mais à frente.

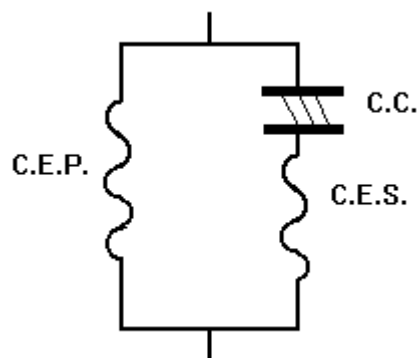


Figura 3. Modelo mecânico da fibra muscular, onde C.E.P. = Componente Elástico Paralelo; C.E.S. = Componente Elástico em Série; e C.C. = Componente Contrátil.

Ação Muscular

Quando um grupo muscular entra em ação, gerando tensão, há basicamente três situações que podem ocorrer: a) se a resistência externa for menor que a força gerada pelo músculo, este se encurta, e há movimento; b) quando resistência externa e força muscular são iguais, não há mudança no comprimento do músculo, e tampouco movimento; e c) quando a resistência externa for maior que a força gerada pelo músculo, este vê seu comprimento aumentar. Dessa maneira, um músculo ativo nem sempre se “contraí” (encurta), tornando o uso do termo “contração muscular” inadequado. A proposta de Cavanagh ⁶ de se utilizar o termo “ação muscular” parece mais razoável, e será usada nesse texto. Knuttgen e Komi ⁶ classificam os exercícios e os tipos de ação muscular de acordo com a tabela I.

| Exercício | Ação muscular | Comprimento do músculo |
|------------------|----------------------|-------------------------------|
| Dinâmico | Concêntrica | Diminui |
| | Excêntrica | Aumenta |
| Estático | Isométrica | Não se altera |

Tabela I. Classificação dos exercícios e dos tipos de ação muscular. Modificado de Knuttgen e Komi (1992) ⁶.

Tipos de fibra

Estudos histoquímicos e das propriedades fisiológicas do músculo demonstram que há basicamente três tipos de fibras musculares ⁴, cada um deles com características diferenciadas no que diz respeito às capacidades de produzir força, velocidade de encurtamento e de resistência à fadiga. Embora haja uma considerável variação entre as características de diferentes unidades motoras (mesmo quando essas pertencem a um mesmo músculo), as fibras que pertencem a uma mesma unidade apresentam propriedades similares, o que indica que o motoneurônio tem um papel importante no controle de tais características ³. Os tipos de fibra muscular conhecidos são os seguintes: *Tipo I* (também chamadas de vermelhas, oxidativas, ou de contração lenta), *Tipo IIa* (também chamadas de intermediárias), e *Tipo IIb* (também chamadas

de brancas, glicolíticas, ou de contração rápida). Na tabela II vêem-se as principais características de cada tipo de fibra.

| Características | Tipo de Fibra | | |
|---|----------------------|------------|------------|
| | I | IIa | IIb |
| Aspectos Neuronais | | | |
| Tamanho do motoneurônio | Pequeno | Grande | Grande |
| Limiar de recrutamento do motoneurônio | Baixo | Alto | Alto |
| Velocidade de condução do nervo motor | Lento | Rápido | Rápido |
| Aspectos Estruturais | | | |
| Diâmetro da fibra muscular | Pequeno | Grande | Grande |
| Desenvolvimento do retículo sarcoplasmático | Menos | Mais | Mais |
| Densidade mitocondrial | Alta | Alta | Baixa |
| Densidade dos capilares | Alto | Médio | Baixo |
| Conteúdo de mioglobina | | | |
| Substratos Energéticos Armazenados | | | |
| Fosfocreatina | Baixo | Alto | Alto |
| Glicogênio | Baixo | Alto | Alto |
| Triglicérides | Alto | Médio | Baixo |
| Aspectos Enzimáticos | | | |
| Atividade da Miosina-ATPase | Baixa | Alta | Alta |
| Atividade da enzima glicolítica | Baixa | Alta | Alta |
| Atividade da enzima oxidativa | Alta | Alta | Baixa |
| Aspectos Funcionais | | | |
| Velocidade de contração | Baixa | Alta | Alta |
| Velocidade de relaxamento | Baixa | Alta | Alta |
| Produção de força | Baixa | Alta | Alta |
| Eficiência energética, "economia" | Alta | Baixa | Baixa |
| Resistência à fadiga | Alta | Baixa | Baixa |
| Elasticidade | Baixa | Alta | Alta |

Tabela II. Características estruturais e funcionais dos diferentes tipos de fibra muscular. Adaptado de Foss & Keteyian ², 1998.

Manifestações da força muscular

Como já vimos, os músculos podem agir de maneira estática ou dinâmica, e nesse último caso podem realizar ações concêntricas ou excêntricas, em uma imensa gama de velocidades. O desempenho do músculo em cada uma dessas inúmeras condições é único, e não se relaciona necessariamente com o desempenho em outras condições. Na prática do treinamento desportivo, as seguintes manifestações da força muscular têm recebido atenção:

Força Máxima - Capacidade do músculo esquelético produzir tensão, força e torque máximos, sem restrição de tempo, em condições estáticas ou dinâmicas.

Força Explosiva (Potência Muscular) – Capacidade de produzir tensão, força e torque máximos, no menor tempo possível.

Resistência de Força – Capacidade de manter uma determinada intensidade de ação muscular por muito tempo.

Princípios do Treinamento da Força Muscular

Sobrecarga

Para que a força muscular seja aumentada, é preciso que as cargas de treinamento provoquem tensões no músculo superiores àquelas experimentadas durante as atividades cotidianas. Essa, basicamente, é a definição do princípio da sobrecarga, um dos mais importantes nos processos de treinamento e reabilitação. Como pode ser visto na figura 4, há uma zona de manutenção, onde o nível de tensão ao qual o músculo se submete é o bastante para manter a força já adquirida. Quando essa tensão é menor do que o normal (por exemplo, nos casos de imobilização) a capacidade de produzir força diminui. Por outro lado, quando as cargas de treinamento aumentam, provocando solicitações maiores do que as habituais, o nível de força muscular também aumenta.

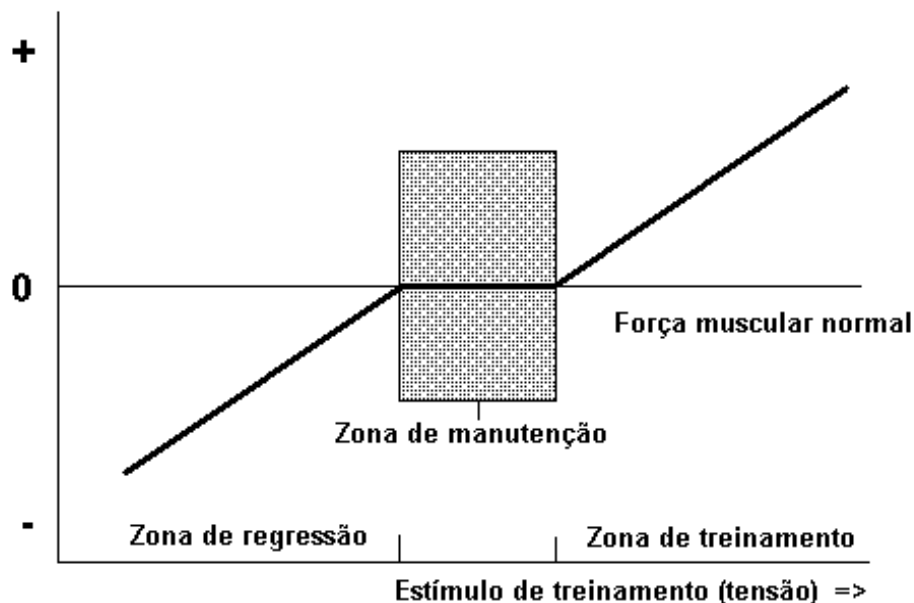


Figura 4. Princípio da sobrecarga. O desenvolvimento da força muscular é uma função do nível de tensão, que deve ser mais elevado que o das atividades cotidianas. Modificado de Komi & Häkkinen ⁷, 1988.

Especificidade

Segundo esse princípio, as formas de treinamento e as técnicas de avaliação devem simular as demandas funcionais tão estreitamente quanto possível ⁵, uma vez que os efeitos do treinamento são sempre muito específicos. Aliás, treinamento funcional parece ser um termo chave na prática moderna do treinamento e da reabilitação ¹. Noth ³ cita estudos da área de aprendizagem motora e controle do movimento, que procuraram esclarecer se o córtex motor tem conexões funcionais únicas com os músculos, ou se haveria representações múltiplas. Em outras palavras, se o córtex “pensa” em termos dos músculos ou dos movimentos. Para o autor citado, os resultados deixaram claro que o córtex se organiza de maneira a otimizar a seleção de sinergias entre os músculos, e não a seleção de um músculo isolado. Sua conclusão, dessa maneira, é que o córtex motor pensa no movimento, e não no músculo. Se isso é verdade, também nossa prática deveria enfatizar o treinamento do movimento, e não o treinamento do músculo isolado.

O conceito de especificidade fica claramente demonstrado por Fahey ⁸, segundo o qual indivíduos que realizaram agachamentos por 8 semanas experimentaram ganhos significativos em força, quando testados no próprio exercício de agachamento. Quando o teste era realizado em outros exercícios que usavam os mesmos grupos musculares, os ganhos eram muito menores (Figura 5).

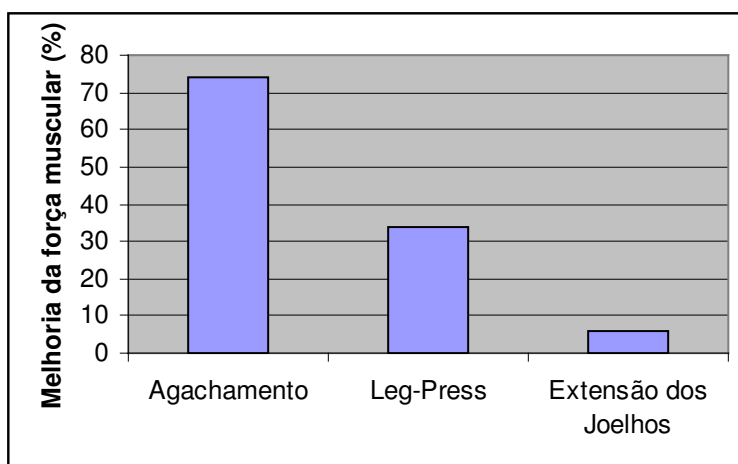


Figura 5: A importância da especificidade durante o treinamento de força. O agachamento foi o exercício de treinamento. Modificado de Fahey ⁸.

Reversibilidade (Treinamento X "Detraining")

Os investimentos em aptidão física devem perdurar por toda a vida. A maioria das adaptações provocadas pelo exercício físico sistemático perdem-se após longos períodos de inatividade, sendo praticamente impossível diferenciar um indivíduo anteriormente ativo, mas que tenha passado os últimos anos vivendo como um sedentário, daquele que foi sedentário por toda a vida.

Recrutamento das unidades motoras no treinamento da força e potência musculares (Princípio de Hennemann e suas exceções)

Tem sido claramente demonstrado que o recrutamento das unidades motoras durante a maioria das solicitações musculares obedece um padrão onde primeiro são recrutadas as unidades menores (compostas por fibras tipo I), que têm um limiar de ativação mais baixo. Quando a intensidade da ação muscular é muito alta,

progressivamente são integradas ao *pool* de unidades recrutadas aquelas de maior dimensão (compostas por fibras tipo II). Mesmo nos momentos iniciais de uma solicitação máxima, embora as fibras tipo II sejam capazes de produzir forças maiores, as primeiras a serem recrutadas são as fibras lentas. Há, no entanto, exceções a esse princípio, muito importantes quando lidamos com treinamento desportivo.

Bosco ⁹ verificou uma relação negativa entre desenvolvimento das capacidades de força máxima e de força explosiva em atletas italianos de alto nível, especialistas em provas de saltos no atletismo. Embora não recomende a eliminação completa desse tipo de treinamento na preparação de atletas especialistas em provas de potência, ele sugere uma limitação na duração do período devotado à força máxima (no máximo 8 semanas). Sua argumentação é justamente centrada no recrutamento dos diferentes tipos de unidades motoras: após 8 semanas de treinamento, já começam a se consolidar alterações estruturais no músculo indesejáveis para a expressão da capacidade de força explosiva. A hipertrofia das fibras tipo I se colocariam como um obstáculo ao rendimento de alto nível. Antes que essas alterações ocorressem de maneira importante, outros métodos de treinamento que estimulassem preferencialmente as fibras tipo II (particularmente as do tipo IIb) deveriam substituir os métodos usados para o desenvolvimento da força máxima. Tem sido demonstrado que atividade excêntrica de alta intensidade apresenta um padrão de recrutamento que é exatamente o oposto ao citado acima, o mesmo ocorrendo com atividades balísticas treinadas. Ao que parece, há um recrutamento preferencial das fibras tipo II, devido a seu menor tempo de relaxamento, necessário para um melhor controle muscular durante ações excêntricas ¹⁰. Treinamento pliométrico (que será visto ainda nesse capítulo) é um dos meios que podem melhorar a força e potência musculares com recrutamento seletivo das fibras tipo II.

Respostas e adaptações ao treinamento da força e potência musculares

Tem sido demonstrado que o treinamento da força muscular provoca rápidos ganhos em seu início, sem que se observe um concomitante aumento de massa muscular. Essa adaptação inicial pode ser explicada pela melhoria nos padrões de recrutamento das unidades motoras, e pode ser chamada de *adaptação neural (aprendizagem)*. O recrutamento seletivo de um maior número de unidades motoras

(principalmente do tipo IIB), ativadas a uma maior frequência, e de maneira melhor sincronizada, são os fatores neurais que permitem uma maior produção de força e potência musculares ¹¹.

Adaptações estruturais (Hipertrofia) ocorrem em um segundo momento, como resultado da exposição continuada ao treinamento da força muscular. Essa hipertrofia pode se dar de maneira seletiva (em determinados tipos de unidade motora, de acordo com o ênfase do treinamento), e pode ser resultado do aumento da quantidade de proteína não-contrátil (sarcoplasmática) e/ou contrátil ¹².

Uma resposta interessante a contrações voluntárias máximas tem sido descrita na literatura como *Facilitação Pós-Tetânica* ^{12, 13}. Quando um músculo realiza uma ação isométrica máxima por cerca de 5 segundos, experimenta nos primeiros minutos após essa ação uma diminuição na capacidade de gerar força explosiva. Em um segundo momento, porém, ocorre uma resposta facilitadora que lhe permite gerar força máxima em menos tempo em esforços dinâmicos. Estudos ainda são necessários para que se determine com segurança um protocolo de utilização das ações isométricas máximas durante o aquecimento em competições, mas essa é com certeza uma possibilidade animadora para qualquer atleta que participe em provas de potência.

Ciclo excêntrico-concêntrico

Há muito se observou que um músculo é capaz de gerar maior quantidade de trabalho positivo - ou uma maior potência máxima com a qual esse trabalho pode ser feito - durante uma ação concêntrica quando é submetido imediatamente antes a uma ação excêntrica ^{14, 15}. Esse chamado ciclo excêntrico-concêntrico (CEC) representa o padrão de movimento mais comum em atividades de locomoção humana, sendo que o melhor desempenho produzido quando o mesmo é ativado tem sido explicado pela potenciação reflexa, mecânica e elástica do músculo esquelético ^{16, 17}.

A ativação reflexa se dá por meio do estímulo de alongamento dos fusos musculares: quando esses proprioceptores são alongados além de um determinado ponto, enviam uma mensagem - por arco-reflexo - ao músculo para que ele se encurte, aumentando assim a tensão inicial do músculo e sua capacidade de gerar força. A ativação mecânica ocorre devido à rotação da cabeça da miosina para uma posição de maior potencial energético durante a ação excêntrica. Já a ativação elástica ocorre devido ao acúmulo de energia potencial nos elementos elásticos em série com

os elementos contráteis na fibra muscular, quando o músculo ativo é obrigado a se estender. Essa energia pode, sob certas condições, ser usada durante a fase concêntrica para gerar trabalho positivo.

Podemos testar a capacidade elástica dos músculos extensores dos membros inferiores através do uso de dois testes simples de salto vertical. O primeiro deles é chamado de *squat-jump*, e o segundo de salto com contra-movimento. No *squat jump*, o indivíduo se posiciona para iniciar o salto com as mãos na cintura e os joelhos flexionados a 90 graus. Dessa maneira, os músculos extensores dos membros inferiores encontram-se em ação estática antes da ação concêntrica (Figura 6.A). A partir dessa posição, realiza o salto vertical. Já no salto vertical com contra-movimento, o indivíduo inicia o movimento com as mão na cintura e os joelhos estendidos, executa um contra-movimento, ou seja, flexiona os joelhos, e imediatamente em seguida volta a estendê-los, realizando o salto (Figura 6.B). Durante o contra-movimento, os músculos extensores atuam excentricamente, a fim de desacelerá-lo. Tão logo o movimento descendente seja interrompido, tem início a extensão do joelho, com os músculos atuando concêntrica. Normalmente, a altura obtida no salto vertical é maior no segundo caso. A diferença (absoluta ou percentual) no desempenho desses saltos pode ser usada como um índice de reutilização da energia elástica armazenada nos músculos.

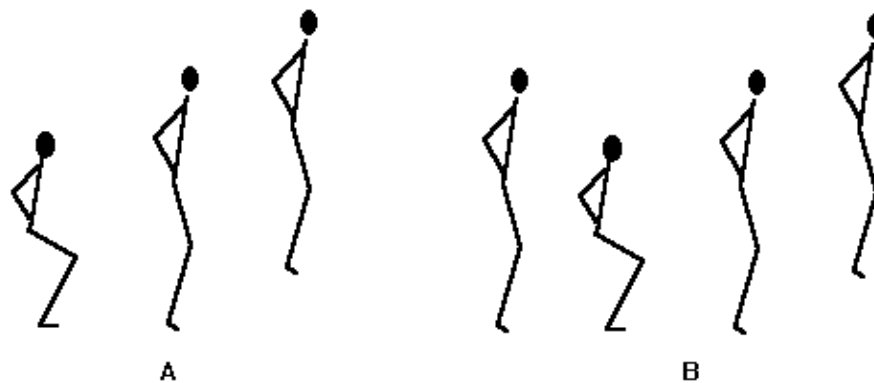


Figura 6. Representação esquemática de dois tipos de salto vertical: A = *Squat Jump*, e B = Salto Vertical com Contra-Movimento.

A partir da década de 60, tem existido uma ávida busca de meios e métodos de treinamento que possam aumentar a quantidade de energia armazenada e reutilizada pelo músculo durante o CEC. Os exercícios que exploram esse ciclo são chamados de

exercícios pliométricos, e são definidos como aqueles que "ativam o ciclo excêntrico-concêntrico do músculo esquelético, provocando sua potenciação elástica, mecânica e reflexa" ¹⁸. É interessante notar que existem determinados fatores que interferem no nível de potenciação, elástica e/ou reflexa, e que portanto modificam a capacidade de gerar trabalho positivo durante o CEC. Dentre esses fatores, os mais importantes parecem ser a amplitude e velocidade da fase excêntrica, bem como o tempo de transição entre as fases excêntrica e concêntrica ¹⁹. A situação mais favorável é a que combina pequena amplitude e grande velocidade da fase excêntrica com um tempo de transição entre as duas fases bastante curto.

Entre os exercícios pliométricos construídos para estimular o desenvolvimento da força explosiva dos membros inferiores destacam-se os saltos em profundidade, em suas inúmeras variações (Figura 7). Nesses saltos, o indivíduo efetua uma queda livre a partir de um plano elevado, e tão logo toque o solo procura executar um salto vertical máximo. Esses exercícios têm sido tão populares que chegam a ser considerados sinônimos de pliometria, o que parece não ser adequado ^{18, 20}.

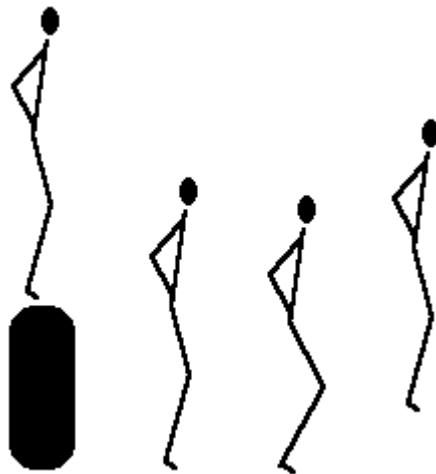


Figura 7. Salto em Profundidade Tradicional (SPT).

A altura da queda nos saltos em profundidade representa a sobrecarga excêntrica, e é uma variável importante a ser manipulada durante o treinamento. Embora encontremos recomendações na literatura quanto a altura da queda que variam de 0.38m a mais de 2 metros (!)²¹, o que tem sido mais aceito atualmente é que existe uma altura ótima de treinamento. Nasser ²², afirma que testes de salto em profundidade são realizados na prática cotidiana por treinadores, que utilizam alturas

de queda crescentes, a partir de 20 cm. O teste pliométrico é interrompido quando o atleta não for mais capaz de obter desempenhos pelo menos iguais ao obtido na altura anterior. A altura ótima de treinamento, então, é aquela que permite o maior salto vertical subsequente à queda livre. Essa interpretação tem sido aceita até hoje ⁹. A figura 8 mostra os resultados obtidos por uma saltadora de distância de elite internacional (recorde pessoal = 6.20 m) durante a realização de saltos em profundidade sem auxílio dos braços, com alturas de queda de 20, 40, 60 e 80 cm. Nessa situação, a altura de 60 cm pareceu representar a altura ótima de treinamento para o Salto em Profundidade Tradicional, e 80 cm para o Salto em Profundidade Modificado, para essa atleta em particular ²³. Há, no entanto, outras questões importantes que devem ser consideradas na eleição da altura ótima individual.

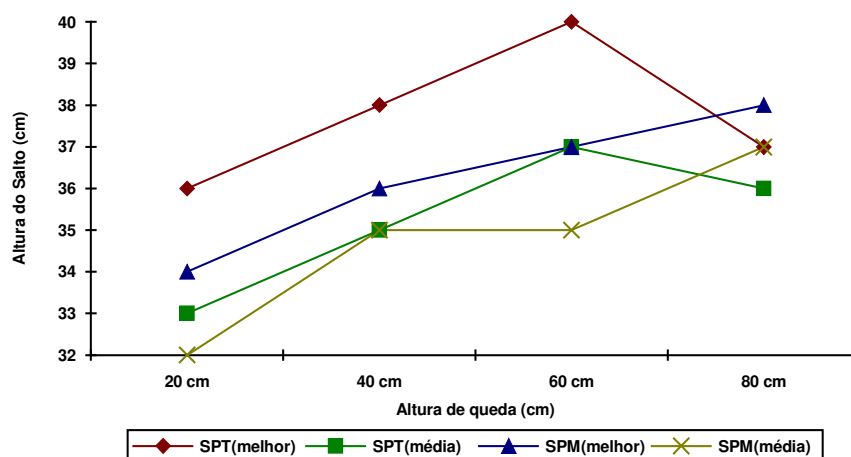


Figura 8. Altura do salto vertical obtida após diferentes alturas de queda livre, em duas condições de salto em profundidade, apresentadas por uma saltadora de distância de elite internacional (recorde pessoal = 6.20m), onde SPT = Salto em profundidade tradicional, e SPM = Salto em profundidade modificado.

A figura 9 mostra duas curvas de forças de reação do solo, geradas durante saltos em profundidade. A curva A foi gerada pela atleta citada acima, enquanto a curva B foi gerada por um atleta iniciante. Percebe-se que as curvas apresentam um formato muito diferente, sendo que o fator mais importante é a existência de dois picos na curva do atleta iniciante. O primeiro desses picos, que não se verifica no caso da saltadora de elite, representa o pico das *forças passivas*, e apresenta grande potencial para causar lesões, sem contribuir significativamente para o desempenho, ao contrário do segundo pico, representante das *forças ativas*. A existência ou não do

primeiro pico está associada ao toque do calcanhar no solo. Assim, se o indivíduo estiver tocando o calcanhar no solo após a queda livre, deve-se diminuir a altura de queda, ou mesmo adiar a introdução do salto em profundidade nos programas de treinamento ²⁴.

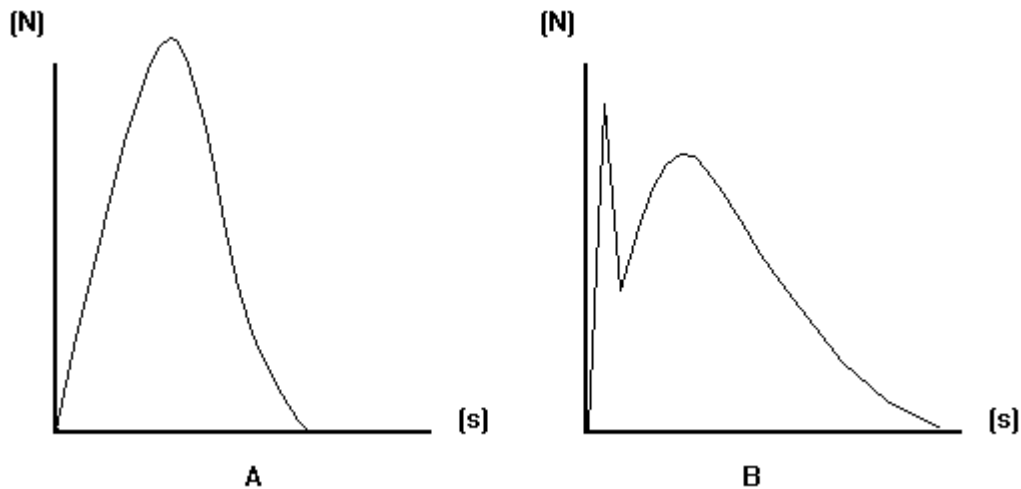


Figura 9. Curvas das forças de reação do solo durante a realização de saltos em profundidade, para uma atleta de nível internacional (A) e um atleta iniciante (B).

Treinamento da Força e Reabilitação

Tem sido prática comum prescrever exercícios de fortalecimento na tentativa de acelerar a recuperação de lesões músculo-esqueléticas, bem como reduzir a reincidência dessas lesões após a volta do paciente a suas atividades cotidianas. Tem-se demonstrado que essa conduta é positiva no tratamento de lesões musculares ²⁵. Embora o mesmo tenha sido reportado a respeito de lesões dos ligamentos do tornozelo ²⁶, é matéria ainda controversa se em casos de lesões ligamentares mais sérias, principalmente rupturas completas, o fortalecimento dos músculos adjacentes à área afetada é capaz de garantir a funcionalidade dessa articulação. No caso de exposição inesperada a cargas elevadas, o tempo de latência para que o músculo entre em ação para estabilizar a articulação parece ser muito alto, e lesões ainda mais graves podem ocorrer.

Prescrição do treinamento com pesos e teste de carga máxima

No XX Simpósio Internacional de Ciências do Esporte, promovido pelo CELAFISCS e realizado em São Paulo no mês de outubro de 1996, o Dr. Steven Fleck (USA) afirmou que a prática corrente de se prescrever o treinamento com pesos a partir de um teste de carga máxima contém erros intrínsecos: 1) o teste de carga máxima expõe desnecessariamente o atleta a um risco aumentado de lesões; 2) o número de repetições possível de se realizar com um determinado percentual da carga máxima varia muito entre os indivíduos. Um estudo piloto do presente autor encontrou resultados que corroboram a afirmação do Dr. Fleck: Doze atletas do sexo masculino, especialistas em provas de saltos ou corridas com barreiras, realizaram um teste de 1 RM no levantamento supino, e trinta minutos depois um teste até a exaustão com 85% de 1RM. Os resultados encontram-se na tabela III. O número de repetições nesse segundo teste variou de 3 a 7 (enquanto se encontra na literatura que um valor de 6 repetições seria o esperado), e não se encontrou qualquer relação entre tal número e o resultado em 1 RM (Figura 10), o que sugere que nenhuma recomendação geral, no que diz respeito a prescrição do treinamento, possa ser dada. Aparentemente, e considerando apenas os dados desse estudo, a prescrição do treinamento considerando percentuais de 1 RM apresenta erros intrínsecos que invalidam sua utilização além de um nível de treinamento elementar. Embora estejamos aparentemente oferecendo programas individualizados em função de parâmetros objetivos, na verdade estamos expondo nossos clientes (alunos, pacientes ou atletas) a uma prescrição feita quase ao acaso, pois na maioria das vezes não sabemos o tipo de efeito que devemos esperar do programa de treinamento sugerido. A prescrição e monitoração do treinamento em função da potência produzida, como tem sido recomendado por Bosco ²⁷, é uma alternativa que deve ser considerada com muita seriedade pelos responsáveis pelo treinamento de atletas de alta competição, embora envolva um custo e especialização profissional maiores que aqueles das abordagens tradicionais. No caso de não-atletas – ou na impossibilidade de termos acesso a medidas como as propostas por Bosco ²⁷ – devemos considerar a percepção subjetiva de esforço do próprio indivíduo. Mudanças visualmente perceptíveis no ritmo ou velocidade de realização dos movimentos também indicam uma mudança, geralmente indesejada, no tipo de solicitação muscular.

| Variável | Média | sd | Valor Mínimo | Valor Máximo |
|------------|-------|-------|--------------|--------------|
| 1 RM (kg) | 79,7 | 16,64 | 52 | 108 |
| TE 85% (n) | 4,58 | 1,44 | 3 | 7 |

Tabela III: Valores das variáveis estudadas

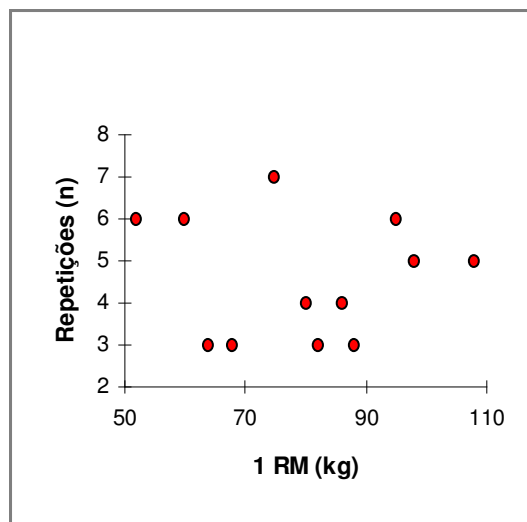


Figura 10. Relação entre 1 RM e TE 85%.

Como já foi dito, a capacidade genericamente denominada *força*, dependendo de sua interação com velocidade ou resistência, pode se manifestar de maneiras muito diferentes. Nas provas de saltos no atletismo, por exemplo, a manifestação mais importante é chamada de *força explosiva*, embora níveis adequados de *resistência de força* e de *força máxima* também devam ser desenvolvidos em determinados períodos de treinamento, seja para fornecer os pré-requisitos para o posterior desenvolvimento da força explosiva, seja atuando preventivamente contra o aparecimento de lesões. Embora ainda seja comum a organização do treinamento de força considerando a seqüência resistência de força - força máxima - força explosiva (talvez uma herança das abordagens quantitativas de organização do treinamento), novos estudos têm demonstrado que a transformação das adaptações do treinamento de resistência de força ou de força máxima em direção à força explosiva não se dá de maneira tão direta quanto se pensava antes. Na verdade, quando os estímulos para cada manifestação dura por mais do que oito semanas, efeitos negativos sobre o desempenho em testes

de força explosiva⁹ ou mesmo na microestrutura muscular²⁸ já podem ser notados. É muito importante que fisioterapeutas e treinadores, quando trabalhando na orientação de um mesmo atleta, discutam os programas sugeridos, para que os efeitos dos mesmos não interfiram negativamente sobre o outro ou na capacidade de rendimento.

Curva Força-Velocidade

São clássicos os trabalhos de Hill do início do século, que mostram a relação inversa entre força produzida e velocidade de encurtamento do músculo, seja ele isolado ou "*in-vivo*". Na figura 11, vemos que essa curva pode ser reproduzida de maneira simples pelo uso de saltos verticais com diferentes cargas. Três saltadores de distância de elite nacional e internacional (recordes pessoais: 8,00m; 7,44m e 7,44m) realizaram testes de saltos verticais com cargas que variaram de 0 a 30 kg. Percebe-se claramente que a altura do salto diminui com o aumento da carga, o que é uma resposta absolutamente previsível. Uma observação atenta do gráfico, no entanto, nos mostra outras informações interessantes. Os atletas FRW e MRC aparecem em posições invertidas nos dois extremos da curva, o que indica que cada um deles tem características de força explosiva absolutamente distintas. Isso pode ser explicado por diferenças individuais, ou por diferentes orientações no treinamento. O treinamento, como se sabe, tende a deslocar cada ponto da curva para cima e para direita, mas pode também modificar o formato dessa curva, alterando algumas regiões e não outras (Figura 12). O acompanhamento individual longitudinal da evolução da curva força-velocidade pode mostrar se o treinamento está equilibrado ou se está privilegiando de maneira inadequada algum dos componentes (força e velocidade), permitindo ao treinador realizar as correções que considerar necessárias. O atleta RBS, embora com os menores valores em cada uma das condições, mostrou aparentemente a curva mais equilibrada dos três atletas, embora não se possa dizer no atual estágio de conhecimento se essa seria a mais adequada para atletas especialistas no salto em distância.

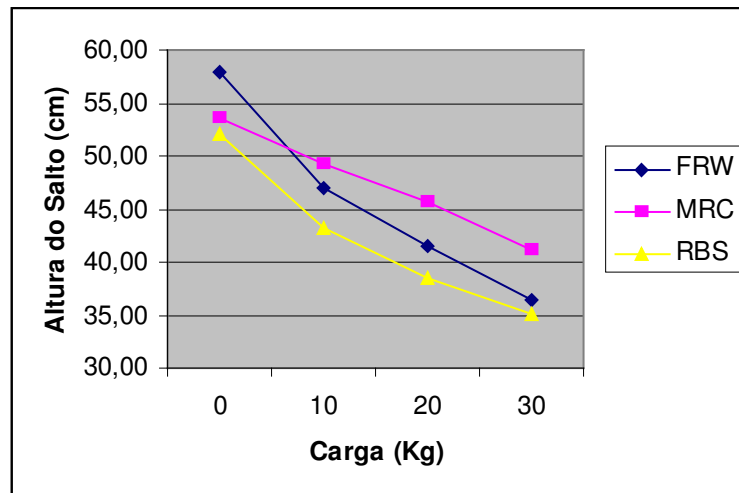


Figura 11. Curva força-velocidade de três atletas especialistas no salto em distância, construída a partir de testes de saltos verticais (explicação no texto).

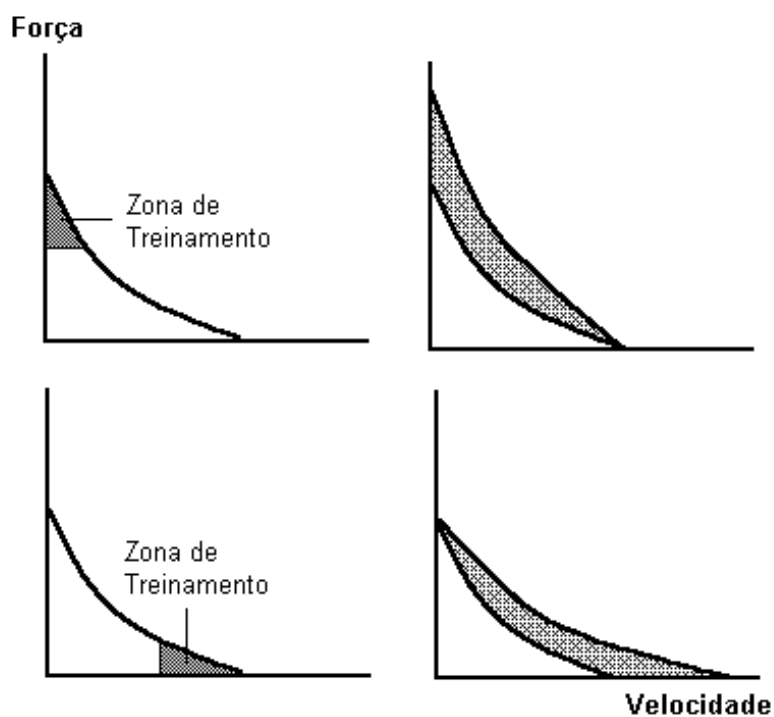


Figura 12. Alterações no formato da curva força-velocidade, em dependência do tipo de estímulo. Modificado de Komi & Häkkinen, 1988.

Treinamento da força muscular e integridade dos tendões

Muito tem sido discutido recentemente sobre os efeitos do treinamento sobre a integridade dos tendões, devido às recorrentes lesões sofridas por um dos maiores astros do futebol brasileiro. Albert ⁵ cita estudos de Elliot (1965), segundo o qual a capacidade máxima de tendões normais resistirem a cargas de tração situa-se entre 48 e 98 N/mm². No caso do tendão do calcâneo, o maior do corpo humano, esse limite chegaria ao redor de 6275 N. O mesmo autor cita estudos de Wahrenberg e colaboradores (1978), que encontraram valores tão altos quanto 5700 N no chute do futebol americano. Amadio ²⁹ estimou forças internas na articulação do joelho na queda do Hop (primeiro salto) do salto triplo próximas a 22 vezes o peso corporal. Parece claro que, principalmente no meio esportivo, os tendões estão sujeitos a cargas que se aproximam perigosamente do limite crítico de *stress*. Alie-se a essas altas cargas a pequena vascularização dos tendões e sua má capacidade de tolerar cargas de compressão, fricção e torção ⁵, e não é surpresa vermos tão grande incidência de tendinites nos esportes.

É importante lembrar que lesões nos tendões (como em qualquer outra estrutura biológica) obedecem ao que ocorre com materiais não-vivos, podendo ocorrer como resultado de uma única exposição a cargas que ultrapassam o limite crítico de *stress* (lesões de macrotrauma), como também à exposição repetida a cargas que não atingem esse limite (lesões de microtrauma, ou por *overuse*).

Referências Bibliográficas

1. Chu, D.A. Explosive Power & Strength. Human Kinetics Publishers, Inc. Champaign, IL, 1996.
2. Foss, M.L. and Keteyian, S.J. Fox's Physiological Basis for Exercise and Sport. WCB McGraw-Hill, 1998.
3. Noth, J. Motor Units. In: Komi, P.V. (ed.). Strength and Power in Sport. Blackwell Scientific Publications, Oxford, 1992.
4. Billeter, R. and Hoppeler, H. Muscular Basis of Strength. In: Komi, P.V. (ed.). Strength and Power in Sport. Blackwell Scientific Publications, Oxford, 1992.

5. Albert, M. Eccentric Muscle Training in Sports and Orthopaedics. 2nd Ed. New York, Churchill Livingstone Inc., 1995.
6. Knuttgen, H.G. and Komi, P.V. Basic Definitions for Exercise. In: Komi, P.V. (ed.). Strength and Power in Sport. Blackwell Scientific Publications, Oxford, 1992.
7. Komi, P.V. and Häkkinen, K. Strength and power. In: Dirix, A.; Knuttgen, H.G. and Tittel, K. The Olympic Book of Sports Medicine. Blackwell Scientific Publications, 1988.
8. Fahey, T. D. Adaptation to exercise: Progressive Resistance Exercise. Sports.org, last update: April/1998.
9. Bosco, C. Stretch-shortening cycle in skeletal muscle function and physiological consideration of explosive power in man. *Atleticastudi*, 1:7-113, 1985.
10. Howell, J.N. Motor Control of Eccentric Muscle Activity. In: Albert, M. Eccentric Muscle Training in Sports and Orthopaedics. New York, Churchill Livingstone, 1995.
11. Sale, D.G. Neural Adaptation to Strength Training. In: Komi, P.V. (ed.). Strength and Power in Sport. Blackwell Scientific Publications, Oxford, 1992.
12. Siff, M. C. and Verkoshansky, Y.V. Supertraining. University of the Witwatersrand, Johannesburg, 1998.
13. Güllich, A. and Schmidtbleicher, D. MVC-induced short-term potentiation of explosive force. *New Studies in Athletics*, 11(4):67-81, 1996.
14. Cavagna, G.A. et al. Effect of negative work on the amount of positive work performed by an isolated muscle. *J. Appl. Physiol.*, 20(1):157-158, 1965.
15. Cavagna, G.A. et al. Positive work done by a previously stretched muscle. *J. Appl. Physiol.*, 24 (1):21-32, 1968.
16. Bosco, C. et al. Effect of elastic energy and myoelectrical potentiation of triceps surae during stretch-shortening cycle exercise. *Int. J. Sports Med.*, 3:137-140, 1982.
17. Bobbert, M.F. Drop jumping as a training method for jumping ability. *Sports Med.*, 9(1):7-22, 1990.
18. Moura, N.A. Treinamento pliométrico: introdução às suas bases fisiológicas, metodológicas, e efeitos do treinamento. *Rev. Bras. Ciência e Movimento*, 2(1):30-40, 1988.
19. Cavagna, G.A. Storage and utilization of elastic energy in skeletal muscle. *Exerc. Sports Sci. Review*, 5:89-129, 1977.
20. Chu, D.A. and Plummer, L. The language of plyometrics. *NSCA J.*, 6(5):30-31, 1984.
21. Lundin, P. A review of plyometric training. *NSCA J.*, 7(3):69-74, 1985.

22. Nasser, J. P. *Análise das variáveis do salto pliométrico através dos métodos cinematográfico e dinamográfico*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Maria, 1990.
23. Moura, N.A. *Altura Ótima de Plataforma para o Salto em Profundidade, e Influência da Técnica de Movimento sobre Variáveis Cinéticas e Cinemáticas*. V Congresso Brasileiro de Biomecânica. SBB/LAPEM. Santa Maria, 02 de dezembro de 1993.
24. Moura, N.A. *Recomendações Básicas para a Seleção da Altura de Queda no Treinamento Pliométrico*. Boletim IAAF - Centro Regional de Desarrollo - Santa Fé. Número 12, 1994.
25. Holmich, P.; Uhrskou, P.; Ulnits, L.; Kanstrup, I.L.; Nielsen, M.B.; Bjerg, A.M. and Krogsgaard, K.. Effectiveness of active physical training as treatment for long-standing adductor-related groin pain in athletes: randomised trial. *Lancet*; 353(9151):439-43, 1999.
26. Holme, E.; Magnusson, S.P.; Becher, K.; Bieler, T.; Aagaard, D.P. and Kjaer, M.. The effect of supervised rehabilitation on strength, postural sway, position sense and re-injury risk after acute ankle ligament sprain. *Scand. J. Med. Sci. Sports*; 9(2):104-9, 1999
27. Bosco, C. *Nuove metodologie per la valutazione e la programmazione dell'allenamento*. *Scuola dello Sport*, 22: 13-22, 1991.
28. Wiemann, K. and Tidow, G. Relative activity of hip and knees extensors in sprinting - implications for training. *New Studies in Athletics*, 10(1):29-49, 1995.
29. Amadio, A.C.: *Biomechanische Analyse des Dreisprunges*. Tese de Doutorado DSHS - Köln, 1985.