

ARTIGO DE REVISÃO

TREINAMENTO PLIOMETRICO : INTRODUÇÃO ÀS BASES FISIOLÓGICAS, METO- DOLOGICAS E EFEITOS DO TREINAMENTO

Nelio Alfano Moura

Centro de Estudos do Laboratório de Aptidão Física de São Caetano
do Sul - CELAFISCS
Fundação BRADESCO .

RESUMO

MOURA, N.A. Treinamento Pliométrico: Introdução às bases fisiológicas, metodológicas e efeitos do treinamento. Revista Brasileira de Ciência e Movimento, vol. 2, nº 1, pp. 30-40.

O treinamento pliométrico é um dos meios mais populares para o treinamento da força de salto. Sua fundamentação, no entanto, não tem sido divulgada convenientemente, o que pode provocar erros em sua aplicação, não possibilitando que se atinjam os objetivos propostos. Essa revisão procura esclarecer o conceito de pliometria, explicar seu mecanismo de ação e propor orientações práticas para seu uso no processo de treinamento esportivo. Pliometria pode ser definida como "atividade - des que envolvem o ciclo excêntrico-concêntrico" do músculo esquelético ativo, e que provocam sua potenciação elástica, mecânica e reflexa, resultando numa maior produção de trabalho positivo". Sua eficácia depende de alguns fatores, dentre os quais os mais importantes parecem ser a altura das plataformas e o domínio técnico do movimento. Particularmente interessante é o fato de que podem ser necessários até 18 meses de treinamento para que os efeitos obtidos pelo salto em profundidade e similares sejam diferenciados de outros saltos.

Unitermos : Atletismo, Energia elástica, Treinamento esportivo.

INTRODUÇÃO

Atualmente, um dos meios mais populares para o desenvolvimento da força de salto é a pliometria. A utilização dos

Submetido para publicação em 21/10/87
Aprovado em 12/11/87

exercícios pliométricos generalizou-se a partir da década de 60, quando atletas da União Soviética eram submetidos a programas de treinamento com saltos em profundidade para o desenvolvimento da potência muscular (19,26,44).

VERHOSHANSKI foi o primeiro investigador soviético a propor uma fundamentação teórica para a utilização desse tipo de treinamento, sugerindo que "a força de salto deveria ser melhorada pela correlação dinâmica do treinamento de força com a função que deveria ser treinada"(4). Segundo ele, o uso dessa técnica possibilitaria o desenvolvimento da "habilidade reativa do aparelho neuromuscular"(4,44).

Em meados dos anos 60, paralelamente ao desenvolvimento dos exercícios pliométricos, melhorou sensivelmente o conhecimento científico a respeito da capacidade de armazenamento e utilização da energia elástica pelos músculos esqueléticos, um fenômeno que pôde contribuir para uma melhor fundamentação dos exercícios pliométricos.

O objetivo desse estudo é rever o conceito de pliometria, explicar genericamente seu mecanismo de ação, e propor algumas orientações práticas para sua aplicação no treinamento esportivo

A ENERGIA ELÁSTICA

Estudos têm sido feitos procurando determinar a eficiência mecânica de diversas habilidades motoras no homem.

Tais estudos observaram que determinadas habilidades apresentam maior eficiência que outras (34). A eficiência mecânica "normal" é de aproximadamente 20 a 21%, enquanto na corrida pode atingir até 57% (31). ITO e colaboradores encontraram valores de 55,1 a 12,7% para a eficiência mecânica em corridas com velocidade baixa e moderada (30). CAVAGNA (14) relatou que a potência desenvolvida a cada passada na corrida aumenta com a velocidade, mas se nivela entre 5 a 7 m/seg. Acima de 7 m/seg, a potência volta a aumentar significativamente. Segundo ele, "esse novo aumento de potência coincide com uma fase de corrida onde considerável quantidade de trabalho negativo é feito a cada passada".

Os dados apresentados acima podem parecer intrigantes. Por que algumas atividades apresentam maior eficiência na conversão de energia química em mecânica do que outras? E por que existe um aumento na potência produzida a cada passada na corrida justamente quando uma grande quantidade de trabalho negativo é feita. Essa segunda constatação particularmente nos chama a atenção uma vez que, teoricamente, energia deveria ser gasta para vencer a aceleração negativa e criar em seguida aceleração positiva, o que deveria resultar numa diminuição da potência produzida.

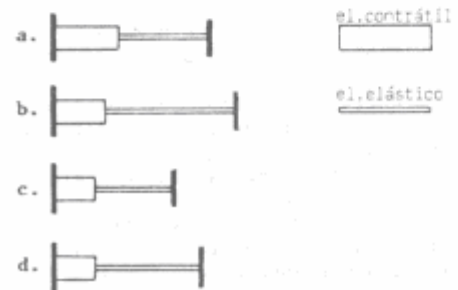
No entanto, explicações para tais fatos já se encontram publicadas há vários anos. Uma série de estudos realizados por CAVAGNA e colaboradores (15,16) demonstraram que um músculo ativo é capaz de gerar uma maior quantidade de trabalho positivo quando ele encurta imediatamente após haver sido alongado. Isso parece ser verdadeiro tanto para o músculo isolado quanto em segmentos e multi-segmentos humanos (9,16). Em outras palavras, tenha como exemplo uma contração excêntrica (semi-flexão dos joelhos, a partir da posição de pé) seguida imediatamente de uma contração concêntrica (extensão dos joelhos, terminando em salto). Se esses movimentos forem feitos rapidamente, a altura obtida no salto deverá ser maior do que em outras situações onde não houver a contração excêntrica (49) (Fig.1).

CAVAGNA e colaboradores (14,15,16) afirmam que, quando um músculo contra-

do é alongado por uma força externa o trabalho mecânico é absorvido pelo músculo, e que parte deste trabalho pode ser armazenado como energia potencial, ou energia elástica, nos elementos elásticos que se encontram em série com os componentes contráteis, e que pode ser utilizada para aumentar a produção de energia mecânica durante o encurtamento ativo do músculo. A utilização dessa energia parece ser maior quanto mais rápido o músculo se encurtar após o alongamento, e também quanto maior a velocidade de encurtamento (16). Estes dados explicam a maior eficiência mecânica na corrida do que, por exemplo, na marcha: a energia elástica armazenada na fase de trabalho negativo a cada passada na corrida pode ser utilizada durante a subsequente contração positiva, sem custo adicional de energia química (17). A estrutura de alguns tipos de movimento, tal qual a marcha, não favorecem a utilização desse mecanismo. Deve ser lembrado que, se for permitida uma fase de relaxamento entre a contração excêntrica e a concêntrica, bem como se houver demora para essa última ocorrer, a energia armazenada nos elementos elásticos é dissipada em forma de calor (14,34).

Cabe mencionar aqui que os elementos elásticos em série são estruturas através das quais a força gerada pelos músculos é transmitida para uma carga externa" (14). Essas estruturas encontram-se em série com o componente contrátil, localizando-se junto às pontes cruzadas entre a actina e a miosina (3,14).

FIGURA 1



COEFICIENTE DE RESTITUIÇÃO E ENERGIA ELÁSTICA.

Segundo a lei de choque de Newton, quando dois corpos colidem após se deslocarem em direção um ao outro ao longo de uma linha reta, a diferença entre suas velocidades imediatamente após o choque possui uma relação com a diferença entre as velocidades no momento do choque. Depende também de uma constante conhecida por Coeficiente de Restituição. Esse coeficiente varia entre 0,0 (choque inelástico, os corpos não se separam após o choque) até um limite teórico, nunca atingido, de 1,0. Ele depende de ambos os corpos em choque (24,28). Hay mostra como varia o coeficiente de restituição entre uma bola de vôlei e o piso, quando variamos este último (Tabela 1)

Tabela 1 - coeficiente de restituição de uma bola de vôlei lançada de uma altura de 182,88 cm, sobre diferentes superfícies. Modificado de Hay, J.G., 1981.

Tipo de superfície	Coefic. de Restituição
Madeira	0,75
Plataforma de aço	0,74
Concreto	0,74
Colchão Acrobacias (2,54cm de espessura)	0,67
Pedregulho	0,60
Grama	0,43
Colchão para quedas de G ₁ nástica (20,32cm de espessura)	0,42

O que nos resta saber é já que o armazenamento e a utilização da energia elástica se dá a nível intramuscular, teria o coeficiente de restituição alguma influência sobre esses fenômenos?

A partir de dados de McMahon e Green (1979), que demonstraram que o "acolchoamento" (caushing) diminui a força entre dois corpos que colidem, devido ao aumento do tempo de colisão, BOSCO e RUSKO (12) sugerem que correr sobre superfície macia, ou com calçados com sola macia, deve provocar um prolongamento do ciclo excêntrico-concêntrico da musculatura extensora das pernas, aumentando o tempo entre a con-

tração excêntrica e concêntrica, resultando na diminuição do efeito de potenciação do pré-alongamento. Realmente, os autores verificaram que calçados macios (Adidas com solado de material viscoelástico) aumentaram o tempo de contato com o solo a cada passada, aumentando o tempo total do ciclo e favorecendo o desatamento das pontes cruzadas na fibra muscular e a consequente dissipação da energia elástica. A corrida com calçado macio requereu maior gasto energético que com calçado normal, a partir de uma velocidade de 3,3 m/seg., sendo que o custo adicional continuou aumentando com a velocidade da corrida. Em velocidades inferiores (2,2 m/seg.), mesmo com o aumento do tempo de contato de 240 para 260 milissegundo, não houve diferença no gasto energético. Os autores sugeriram então que, como corridas lentas implicam no recrutamento preferencial de fibras de contração lenta, que possuem um longo tempo de acoplamento das pontes cruzadas, a utilização de energia elástica não foi limitada pelo aumento da duração do ciclo dentro dos limites do estudo. Segundo eles, o efeito limitante da duração do ciclo deve ser importante nas fibras de contração rápida, cujas pontes cruzadas têm um "tempo de vida" muito breve. Afirmam também que seus resultados fortalecem a noção de que, durante movimentos balísticos, a contribuição das fibras de contração rápida se torna progressivamente mais importante para a produção de força, quando a velocidade do ciclo excêntrico-concêntrico é aumentada.

PLIOMETRIA: CONCEITO

WILT é um dos autores ocidentais mais citados nos artigos técnicos que abordam o treinamento pliométrico. Em 1975 esse autor procurou conceituar e definir os exercícios pliométricos (48). Ele afirmava que exercícios pliométricos eram todos aqueles exercícios similares ao salto em profundidade, ou que produzissem efeitos semelhantes a nível muscular. Definia exercícios pliométricos como sendo aqueles "utilizados para produzir uma sobrecarga

muscular do tipo isométrico, que provoca o reflexo de alongamento nos músculos". Ele mesmo, no entanto, admitia que tais interpretações poderiam ser modificadas quando o fenômeno fosse melhor compreendido.

Segundo CLUTCH e colaboradores (9), o "exercício pliométrico é baseado na crença de que um rápido alongamento de um músculo contraído justamente antes de seu encurtamento resultará numa contração mais forte". Tais autores afirmam que, por ocasião da concepção dos pliométricos, acreditava-se que a força contrátil adicional devia-se ao alongamento dos fusos musculares, envolvendo o reflexo miotático e resultando num aumento da frequência de descarga das unidades motoras, estimulação de outros receptores e aumento do número de unidades motoras ativadas. Afirmações semelhantes a essas têm sido repetidas recentemente no Brasil por diversos autores (5,7,21,45). Para que houvesse possibilidade de máximo aproveitamento dos supostos efeitos de pliometria, parecia ser importante que o pré-alongamento fosse feito rapidamente, e que a contração concêntrica ocorresse imediatamente após o final da fase de alongamento (26,48).

STEBEN e STEBEN (44) notaram em 1981 que um mesmo fenômeno era aparentemente explicado de duas maneiras diferentes. Os profissionais da área de treinamento esportivo pareciam acreditar que o desempenho melhora pela utilização do reflexo miotático, facilitado pela atividade proprioceptiva muscular. Já os investigadores creditavam a maior quantidade de trabalho muscular positivo à utilização da energia elástica armazenada nos pequenos elementos elásticos encontrados no músculo. Procuraram então uma melhor definição de pliometria, a partir dos dados que obtiveram em seu estudo experimental e através da revisão de literatura. Segundo eles, "ficou reforçado o efeito fisiológico da recuperação da energia elástica nos músculos ativos", e estabeleceram o princípio pliométrico como sendo um "fenômeno elástico do ciclo excêntrico-concêntrico do músculo ativo".

HUXLEY e SIMMONS (1971), citados por CAVAGNA (14), afirmam que, durante a con-

tração muscular, a cabeça da miosina tende a rodar para posições de menor potencial energético. Segundo eles, existe a possibilidade de, ao alongar um músculo que já está em estado de contração, a cabeça da miosina ser rodada para trás, para uma posição de maior potencial energético.

Em 1982, BOSCO e colaboradores (11) sugeriram que a ativação reflexa poderia realmente existir, juntamente com o armazenamento e utilização da energia elástica, contribuindo para a explicação do maior desempenho muscular durante o ciclo excêntrico-concêntrico. Em suas condições experimentais, os autores sugeriram que 72% do desempenho adicional em um salto vertical contra movimento (movimento executado em direção oposta, com o fim de provocar o ciclo excêntrico-concêntrico) era explicado pela potenciação elástica, e 28% pela potenciação mioelétrica do músculo (ativação reflexa).

Dessa forma, a partir dessas novas informações, podemos sugerir uma nova definição de pliometria "Atividades que envolvem o ciclo excêntrico-concêntrico do músculo ativo, e que provocam sua potenciação elástica, mecânica e reflexa, resultando numa maior produção de trabalho positivo".

TREINAMENTO PLIOMÉTRICO X LESÕES

Talvez a maior restrição que possa ser feita ao emprego constante de cargas de alongamento no treinamento esportivo seja devido ao fato, observado empiricamente, das mesmas poderem provocar frequentemente lesões osteoarticulares.

BLATTNER e NOBLE (8) encontraram causas de mínimo desconforto muscular e articular em sua amostra de homens participantes de seu estudo. No entanto, ressaltam que o envolvimento de um indivíduo em pobres condições de aptidão física pode resultar em lesão nos membros inferiores que requeiram maior atenção, devido à absorção das forças de impacto envolvidas no exercício.

MILLER crê que um adequado desenvolvimento anterior da força muscular, introdução gradual à atividade e a uti-

lização de colchões de ginástica nas áreas de queda sejam medidas suficientes para a prevenção de lesões (38).

Segundo RICHNER, ao menos parcialmente, podem ser evitados sérios problemas de lesão através do treinamento prévio da capacidade de resistência do aparelho locomotor às cargas utilizando-se um programa de treinamento adaptado, e elegendo-se calçado e/ou superfície de queda adequados (macios). Essas medidas, úteis para evitar lesões, podem não ser as mais eficazes para o desenvolvimento da impulsão. Quanto mais próximas das condições de competição estiverem as de treinamento melhores serão os resultados. Por isso, o trabalho deve ser dividido em sessões de treinamento geral de impulsão sobre terreno macio e sessões especiais sobre pista de competição (41). À medida em que o aparelho locomotor vai sendo progressivamente preparado, essa última forma vai crescendo em volume, até superar em quantidade a primeira. Na verdade, tal recomendação segue os princípios básicos do treinamento esportivo, e é importante que, mesmo com atletas de alto nível, as formas gerais de treinamento de impulsão sejam praticadas (35,36).

WEINECK (47) afirma que o treinamento pliométrico é um método a ser utilizado no esporte de alta competição, e supõe uma força bem desenvolvida e um aparelho motor, ativo e passivo, bem preparado. Finalmente, YOUNG e MARINO (50) preconizam que exercícios pliométricos devem ser executados com um número de repetições limitado, e com longos intervalos de recuperação, a fim de evitar a fadiga e minimizar as chances de lesão.

PLIOMETRIA: EFEITOS DO TREINAMENTO.

Consistentemente, a utilização de contra-movimentos em tarefas motoras tem resultado em melhor desempenho do que uma mesma tarefa não precedida desse meio auxiliar (1,2,9,13,18,23,32,49) particularmente quando os movimentos são balísticos e curtos, como lançamentos e saltos (2,9,29). CAVAGNA (14) afirma que alguns movimentos ou atividades

favorecem a utilização de energia elástica, ao contrário de outras. Assim, a utilização de energia elástica é altamente significativa em corridas, saltos e lançamentos, ao contrário da marcha e do ciclismo.

Com o objetivo de criar o pré-alongamento do músculo esquelético ativo têm sido usadas, além do contra-movimento, plataformas elevadas para a execução de diferentes tipos de saltos em profundidade. ASMUSSEN e BONDE-PETERSEN (1) demonstraram que 0,40m era a altura ótima que resultava num melhor salto vertical subsequente-11,5% maior que o salto vertical a partir da posição semi-agachada, sem contra-movimento. O uso do contra-movimento produziu melhoras de 5,5%. Maiores elevações na altura da plataforma resultaram na diminuição da altura atingida no salto subsequente. Seus dados foram idênticos aos de FEDINA e TALISHEV (23), porém inferiores aos reportados por KOMI e BOSCO (33). Para estes, mulheres são capazes de manipular eficientemente cargas de alongamento no salto, em profundidade de aproximadamente 0,40m, enquanto homens o são até 0,65m. Estes valores são bastante inferiores aos preconizados por VERHOSHANSKI, que variavam de 0,75m a 1,10 (19).

No Brasil, BARROS (6) procurou investigar o tipo de impacto mecânico experimentado por universitários de ambos os sexos, quando realizavam saltos em profundidade a partir de diferentes alturas. Definiu impacto mecânico como sendo a "relação entre velocidade de frenagem adquirida durante o salto em profundidade e velocidade de aceleração imprimida durante o salto vertical". Seus dados indicaram que o impacto do tipo perfeitamente elástico foi produzido a partir do salto de uma plataforma de 0,38m para mulheres e 0,57m para homens. Até uma altura de 0,95m o impacto se mantinha parcialmente elástico.

OSES (39) submeteu 62 universitários a treinamento de saltos em profundidade, 2 vezes por semana, durante 8 semanas, 30 saltos por sessão. O grupo I utilizou plataformas de 0,35m, grupo II de 0,80m e o grupo III de 1,05m. Os três grupos melhoraram o desempenho no salto vertical, mas não houve diferença entre os grupos. O mesmo autor (40)

verificou que 20 universitários que treinaram durante 8 semanas, 2 sessões por semana, 40 saltos por sessão, plataformas de 0,60m, obtiveram melhoras significantes ($p < 0,01$) em impulsão vertical, horizontal, flexibilidade e agilidade.

Por alguma razão ainda não bem determinada, parece que mulheres, embora suportem cargas de alongamento menores, são capazes de utilizar uma maior quantidade da energia elástica armazenada durante a fase excêntrica de um exercício, quando em comparação com os homens. Mulheres utilizaram cerca de 90% da energia armazenada, contra cerca de 50% dos homens (33).

BLATTNER e NOBLE comparam a efetividade dos métodos de treinamento pliométrico e isocinético sobre o desempenho no salto vertical. 48 homens foram divididos em 3 grupos (G1=isocinético, G2=pliométrico, G3=controle). Os dois grupos experimentais treinaram 3 vezes por semana, durante 8 semanas. G1 executava 3x10 "leg-press" por sessão, e G2 3x10 saltos verticais a partir de uma altura de 34 polegadas (aproximadamente 85cm). Ambos os grupos melhoraram significativamente seu desempenho no salto vertical. Porém não foi observada diferença entre eles. Os autores sugeriram que o treinamento pliométrico poderia levar vantagem sobre o isocinético, no treinamento de força de salto vertical, devido ao custo: a construção de caixas requer um investimento muito pequeno, em comparação ao preço de um aparelho isocinético (8).

MILLER (38) observou o desempenho no salto vertical, em um grupo de estudantes de educação física do sexo feminino, antes e após 8 semanas de treinamento pliométrico. O programa de treinamento consistiu de 5 x 10 saltos em profundidade, de uma altura de 0,50m, uma vez por semana. Existiu uma melhora superior a 5 cms, significativa a nível de $p < 0,01$. O autor propõe que atletas do sexo feminino devem considerar a possibilidade de introduzir em seus programas de treinamento o salto em profundidade, de uma forma bem balanceada. WATSON (46) cita HENESSY (1981) que, em um trabalho não publicado, demonstrou que exercícios pliométricos foram mais eficazes que

dois tipos diferentes de treinamento com pesos.

CLUTCH e colaboradores (19) também investigaram a eficácia do treinamento pliométrico sobre o desenvolvimento da força de membros inferiores e desempenho no salto vertical. Sua investigação contou com dois experimentos. No primeiro, 12 adultos do sexo masculino, que estavam engajados em um programa de treinamento com pesos na Brigham Young University (BYU), foram divididos em 3 grupos. O grupo A executava saltos verticais máximos, o grupo B saltos em profundidade a partir de 0,30m (altura recomendada, segundo o autor, por Zeyl - 1977, para o primeiro ano de saltos) e o grupo C saltos em profundidade a partir de 0,75 e 1,10m, como recomendado por VERHOSHANSKI. Após os saltos, todos os indivíduos trotavam 200 metros e participavam de um programa de treinamento com pesos.

Os resultados indicaram que saltos em profundidade, quando combinados com treinamento com pesos, não são mais eficazes que um programa regular de saltos máximos. Além disso, os dois tipos diferentes de rotinas de saltos em profundidade resultaram em ganhos comparáveis. Os indivíduos tiveram um aumento em impulsão vertical de 8,4cm, mostrando que um programa de treinamento com pesos, combinado com qualquer tipo de salto, pode ser um meio efetivo de melhorar o salto vertical.

No segundo experimento, os autores procuraram investigar a possibilidade do treinamento pliométrico ser apenas efetivo quando utilizado por atletas bem treinados. Participaram 16 membros de uma turma de treinamento com pesos da BYU e 16 jogadores de voleibol da BYU-Hawai. Os membros dos 2 grupos foram divididos para os tratamentos experimentais 1 e 2. Condição experimental 1 consistia de treinamento com peso e salto em profundidade com alturas de 0,75 e 1,10m, enquanto a condição experimental 2 consistia apenas de treinamento com pesos, além, é claro, do treinamento técnico e tático específico do voleibol para o grupo de atletas. O experimento durou 16 semanas, com duas sessões por semana. À luz dos resultados obtidos, os autores concluíram que

um programa de saltos em profundidade não adiciona benefícios extras a um programa que inclua treinamento com pesos e uma variedade de outros tipos de exercícios de saltos.

STEBEN e STEBEN(44) verificaram que exercícios pliométricos diferentes têm influência diferente nos saltos em altura, distância e triplo, em crianças de ambos os sexos. Constataram que os exercícios foram específicos, com maiores progressos nos saltos em altura, distância e triplo para aqueles que treinaram com o salto em profundidade, "flexibilidade-agilidade" e "box - drills", respectivamente. Esse conceito de especificidade tem merecido a atenção de autores de diferentes áreas (20,37). Interessante foi o fato observado de que os garotos melhoraram mais que as meninas, talvez por algum fenômeno fisiológico, ou devido a diferenças nas experiências motoras anteriores.

GRACELLI demonstrou que o treinamento pliométrico foi mais eficiente, quando comparado ao treinamento com pesos, na melhoria do desempenho no salto em distância (27).

BOSCO (10) afirmou que um programa de saltos, utilizando exercícios similares ao salto em profundidade, aumenta o potencial elástico e a tolerância a cargas de alongamento nos músculos extensores da perna, em jogadores de voleibol. Esse autor sugere que tal treinamento influencia as propriedades elásticas e contráteis dos músculos, bem como os mecanismos de "feed back" proprioceptivo. Porém, segundo ele, podem ser necessários até 18 meses de treinamento para que tais efeitos possam ser evidenciados.

Pelo que foi visto, parece não restar nenhuma dúvida com relação à utilidade de alongar um músculo contraído, imediatamente antes de seu encurtamento, pois tal procedimento aumenta a quantidade de trabalho positivo feito pelo músculo, ou sua potência máxima (14,32). No entanto, não existe unanimidade entre os autores com respeito à utilidade do uso de saltos em profundidade e outros similares, na tentativa de sobrecarregar esse mecanismo e obter uma melhora no desempenho sob con-

dições normais.

Infelizmente, existem alguns fatores que nos impedem de aceitar as conclusões apresentadas sem algumas restrições. Uma restrição importante é com relação à escolha das atividades pliométricas. Segundo WILT(48), saltos em profundidade, saltos sobre caixotes, saltos triplos e em distância parados, saltos verticais e horizontais, são todas as atividades pliométricas, pois envolvem o ciclo excêntrico-concêntrico dos músculos esqueléticos. Ficou bem demonstrado que o uso simples do contramovimento estimula a potenciação elástica do músculo, o efeito principal presente em todas as atividades pliométricas. Assim, CLUTCH e colaboradores (19), que não detectaram diferença no desempenho do salto vertical entre indivíduos que treinaram com o salto em profundidade e outros que utilizaram saltos verticais máximos, na verdade compararam duas atividades pliométrica diferentes. Como as duas atividades provocam alterações no desempenho através do mesmo mecanismo, não surpreende que, com tão pouco tempo de observação, não seja possível detectar diferença na eficiência dos dois procedimentos. Além disso, como já vimos, parece existir uma altura ótima de queda no salto em profundidade, que poderia produzir os melhores efeitos de treinamento. Esta altura ótima de queda seria aquela que possibilitaria saltar a maior altura vertical após a queda (47), e como já vimos parece estar entre 38 e 48 cm para mulheres e 40 e 66 cm para homens, embora devamos considerar tais dados ainda como preliminares. KOMI (32) afirma que ainda deve ser melhor identificada a ativação do reflexo facilitatório e inibitório com sucessivas cargas de alongamento. CLUTCH e colaboradoras utilizaram em seus estudos alturas menores ou maiores que as recomendadas.

CAVAGNA (14) afirmou que a utilização de energia elástica parece requerer movimentos particularmente habilidosos. Isso implica na necessidade do indivíduo possuir uma boa mecânica de salto, corrida ou lançamento, para que possa se beneficiar do trabalho ou potência adicional que podem ser produzidos pela utilização da energia elástica armazenada.

nada durante a fase excêntrica. Dessa forma, mesmo no treinamento de saltos, em particular no salto em profundidade, parece ser necessário o domínio do movimento, antes de se poder contar com a possibilidade de treinar esse mecanismo.

GRACELLI(27) sugeriu que exercícios pliométricos são mais efetivos que exercícios isotônicos quando utilizados na tentativa de melhorar o desempenho no salto em distância, porque são realizados de forma e intensidade muito mais parecida com a habilidade para a qual se está treinando. STEBEN e STEBEN(44), com seus dados, fortalecem esse conceito de especificidade do treinamento, mesmo quando consideramos diferentes exercícios pliométricos. A especificidade dos exercícios pode ser aumentada pela seleção de atividades que simulem estreitamente a ação de impulsão num evento em particular. Assim, saltadores de triplo e distância devem enfatizar a impulsão com um grande componente horizontal, enquanto saltadores de altura beneficiam-se mais de saltos com grande componente vertical (50).

A afirmação de BOSCO(10), de que saltos em profundidade e exercícios similares aumentam o "potencial elástico" e a tolerância a cargas de alongamento nos músculos extensores da perna após aproximadamente 18 meses de treinamento, com seus efeitos diferindo daqueles produzidos por outras rotinas de saltos, aparecem como um dado importante a favor da inclusão de exercícios pliométricos com progressivas cargas de alongamento nas rotinas de treinamento, particularmente para saltadores e velocistas. No salto triplo, por exemplo, nas quedas do primeiro e segundo saltos, o atleta deve ser capaz de suportar ativamente, com sua musculatura extensora atuando excentricamente, forças ao redor de 4 vezes o peso de seu próprio corpo(25). Se o atleta for capaz de suportar essas cargas tão grandes sem prejuízo da utilização da energia elástica armazenada, ele será capaz de acelerar mais eficientemente o movimento seguinte, com menores perdas de velocidade a cada contato, aumentando assim a distância total obtida no salto (22,42). Assim, a utilização de

saltos em profundidade, "box-drills" e outros exercícios similares, que sobre carregam o ciclo excêntrico-concêntrico da musculatura envolvida na atividade, introduzidos gradualmente e visando resultados a médio e longo prazo, podem ter efeitos particularmente positivos nessa especialidade.

A utilização da energia elástica armazenada no músculo tem como um de seus efeitos a redução do tempo necessário para realizar um dado trabalho positivo, isto é aumenta a potência máxima produzida (14). Se for possível, através do treinamento pliométrico, melhorar a capacidade de utilização da energia elástica armazenada, o desempenho em eventos onde o tempo disponível para a realização do trabalho positivo é muito curto, como corridas de velocidade, saltos, lançamentos, etc., pode ser melhorado.

De qualquer modo, não se espera que o treinamento pliométrico substitua todas as outras formas de treinamento de força que objetivam o desenvolvimento da habilidade de salto. A pliometria na verdade é um meio adicional que, quando realizado em conjunto com outros (saltos com sobrecarga, treinamento com pesos, etc.), pode melhorar a potência muscular e, conseqüentemente, o resultado esportivo. SLOBODJAN (1978) e PLETNJOW (1977), citados por WEINECK (47), demonstraram que a utilização de diferentes meios de treinamento de força, dentre os quais a pliometria, foi mais efetiva no aumento da força muscular do que quando se empregou apenas um meio.

SCHRODER afirma também que o treinamento paralelo de força e potência, ao longo, do ciclo anual, tem proporcionado resultados mais positivos. Além disso, acrescenta que longos intervalos de recuperação são necessários durante os exercícios para o desenvolvimento da potência, como os pliométricos, uma vez que ótimos resultados dependem dos estímulos do sistema nervoso central.

YOUNG e MARINO (50) afirmam que o número de repetições deve ser relativamente limitado. Segundo eles, uma vez que nenhuma prova de salto envolve mais de três contatos, é mais interessante ao atleta aplicar força máxima, do que

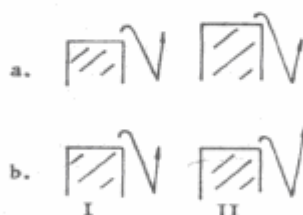
realizar um grande número de esforços submáximos. MATVEIEV(36) sugere os seguintes "volumes-limite" para o treinamento pliométrico, denominado por ele "treinamento de choque".

- nº de repetições/série : 5 a 8
- nº de séries/sessão : 3 a 4
- nº de sessões/semana : 1 a 2

Tais valores evidentemente não podem ser adotados sem restrições, devido ao grande número de atividades pliométricas, que apresentam distintos níveis de dificuldade. O mesmo autor preconiza que os exercícios de choque com cargas complementares sejam introduzidas apenas na segunda etapa do período preparatório. Isto não exclui sua presença, com volume e intensidade menores, nas fases anteriores(43).

O treinamento pliométrico deve ser monitorizado sistematicamente. Seu uso regular provoca basicamente dois efeitos: a) aumento nas cargas de impacto sem diminuição na altura atingida no salto subsequente e b) maior tolerância a uma mesma carga de impacto (Fig. 2).

Figura 2: Efeitos do treinamento pliométrico:
I - pré-treinamento II - pós-treinamento



CONCLUSÃO

Embora não tenhamos esgotado o material de revisão disponível, a partir dos trabalhos citados podemos obter algumas conclusões e orientações práticas para o treinamento:

- a) pliométrica pode ser definida como "atividades que envolvem o ciclo excêntrico do músculo ativo, e que provocam sua potenciação elástica, mecânica e reflexa, resultando numa maior produção de trabalho positivo";
- b) o uso de "contra-movimentos" em tarefas motoras resultam em melhor desempenho do que quando os mesmos são

utilizados;

c) o músculo deve encurtar imediatamente após haver sido alongado para que a potenciação não se perca, isto é, o movimento positivo deve ocorrer imediatamente após o movimento negativo, ou contra-movimento;

d) movimentos curtos e balísticos beneficiam-se particularmente do ciclo excêntrico-concêntrico do músculo esquelético ativo;

e) as alturas de plataforma que parecem possibilitar o maior salto vertical subsequente ao salto em profundidade situam-se entre 38 e 48 cm para a mulher e 40 e 66 cm para o homem. Novos estudos são necessários para que esses valores possam ser amplamente aconselhados.

f) existe inconsistência entre os autores a respeito da eficiência do uso de saltos em profundidade no treinamento da impulsão. De qualquer forma, para que hajam maiores possibilidades de sucesso desse tipo de treinamento, as seguintes precauções são necessárias:

- . domínio da mecânica do movimento;
- . rápido contato com o solo, na queda da plataforma e
- . utilização de alturas de plataforma que possibilitem o maior salto vertical subsequente;

g) desconforto ósteo articular e muscular pode acompanhar o treinamento pliométrico. A fim de evitar isso, é importante que os indivíduos adquiram um bom nível de força previamente, através de treinamento com pesos ou saltos menos intensos, e que no início o treinamento pliométrico limite-se a atividades com enormes cargas de alongamento (não utilizar plataformas elevadas).

Existe a recomendação de utilizar plataformas de apenas 30 cm no início do treinamento pliométrico. Embora essa altura seja menor que o limite inferior das alturas recomendadas como de maior eficiência, este pode ser um procedimento prudente por permitir ao indivíduo a aprendizagem da mecânica do movimento, o que é necessário para a eficiente conversão da energia elástica. Efeitos de quedas na areia, grama ou colchões de ginástica podem contribuir para a prevenção do aparecimento de lesões, embora o aumento da duração do ciclo possa provocar perda parcial da energia

elástica armazenada;

h) o treinamento pliométrico, em particular o salto em profundidade e outros similares, deve ser introduzido gradualmente no processo global de treinamento, visando objetivos a médio e longo prazos, uma vez que podem ser necessários até 18 meses de treinamento para que seus efeitos possam ser diferenciados de outras rotinas de saltos.

i) o conceito de especificidade do treinamento está presente, mesmo quando consideramos diferentes tipos de exercícios pliométricos. Assim, exercícios relacionados com a prova específica devem ser realizados com preferência sobre aqueles menos relacionados;

j) o número de repetições e de séries deve ser limitado. É mais interessante executar relativamente poucos saltos máximos do que um grande número de esforços submáximos. Para garantir isso, grandes intervalos de recuperação entre as repetições e as séries devem ser permitidos.

ABSTRACT

HOURA, N.A. Plyometric training: introduction to this physiological and methodological basis and effects of training. *Revista Brasileira de Ciência e Movimento*, vol.2, nº1, pp.30-40, 1988

The plyometric training is one of the most popular means of jump strength training. Its theoretical foundations, however, has not been conveniently divulged. This fact can cause mistakes in its application, preventing the reaching of the proposed goals. This review tries to clear up the concept of plyometrics, to explain its mechanism of action and propose practical orientations for its use in sports training. Plyometrics can be defined as "activities involving the eccentric-concentric cycle of the active skeletal muscle, which causes its elastic, mechanical and reflex potentiations, resulting in a greater production of positive work". Its efficacy depends on some factors, the most important of them seems to be the height of the technical control of the movement. Particularly interesting is the that may be necessary up to 18 months until the effects gained with the depth jumps and similars can be differentiated from other routines of jumps.

Uniterms: Track and field, elastic energy, sports training.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ASMUSSEN, E. and BONDE-PETERSEN, F. Apparent efficiency and storage of elastic energy in human muscles during exercise. *Acta Physiol. Scand.*, 92(4):537-545, 1974.
2. ASMUSSEN, E. and SORENSEN, N. The "wind-up" movement in athletics. *Le Travail Humain*, 34(1):147-156, 1971.
3. ASTRAND, P.O. e RODHAL, K. Tratado de fisiologia do exercício. Ed. Iteramericana, Rio de Janeiro, 1980.
4. ATHA, J. Strengthening muscle. *Exerc. Spor Sci. Rev.*, 9:1-73, 1981.
5. BARBANTI, V. Teoria e prática do treinamento desportivo. Ed. Edgard Blucher, São Paulo, 1979.
6. BARROS, S.A. Pliométrica: variação no tipo de impacto mecânico no salto vertical em universitários de ambos os sexos. *Anais do VII Simpósio de Ciências do Esporte - CELAFISCS: 17*, São Caetano do Sul, 1980.
7. BITTENCOURT, N. Musculação, uma abordagem metodológica. Ed. Sprint. Rio de Janeiro. 1984.
8. BLATTNER, S. and NOBLE, L. Relative effects of isokinetic and plyometric training on vertical jumping performance. *Res. Quarterly*, 50(4):583-588, 1979.
9. BOBER, T. and HAY, J.G. Pre-stretch and performance. Abstracts of the International Congress of Sports Sciences. Un. Alberta, Canada: 44, 1978.
10. BOSCO, C. New tests for the measurement of anaerobic capacity in jumping and leg extensor muscles elasticity. *J. National Volleyball Coaches Ass.*, 2:5-12, 1981.
11. 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.
12. BOSCO, C. et al. The effect of prolonged skeletal muscle stretch-shortening cycle on recoil of elastic energy and on energy expenditure. *Acta Physiol. Scand.*, 119(3): 219-224, 1983.
13. BOSCO, C. et al. Neuromuscular function and mechanical efficiency of human leg extension muscles during jumping exercises. *Acta Physiol. Scand.*, 114:543-550, 1982.
14. CAVAGNA, G. Storage and utilization of elastic energy in skeletal muscle. *Exerc. Sports Sci. Rev.*, 5:89-129, 1977.
15. CAVAGNA, G. 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.
16. CAVAGNA, G. et al. Positive work done by a previously stretched muscle. *J. Appl. Physiol.* 24(1):21-32, 1968.
 17. CAVAGNAGH, P. et al. A biomechanical comparison of elite and good distance runners. *Annals of New York Academy of Sciences.* Penn University: 328-345, 1977.
 18. CHAPMAN, A. The effect of a "wind-up" movement on forearm rotation velocity. *Can. J. Appl. Sports Sci.*, 5(4):215-219, 1980.
 19. CLUTCH, D. et al. The effect of depth jumps and weight training on leg strength and vertical jumps. *Res. Q. Exerc. Sports*, 54(1): 5-10, 1983.
 20. CRATTY, B. J. *Psicologia no Esporte*. Prentice - Hall do Brasil, Rio de Janeiro, 1984.
 21. DANTAS, E. H. *A prática da preparação física*. Ed. Sprint, Rio de Janeiro, 1985.
 22. DYSON, G. *Mecânica del atletismo*. INEF, Madrid 1978
 23. FEDINA, T. and TALISHEV, F. Height of vertical jumps and elastic properties. Abstract of the International Congress of Sports Sciences. Un. Alberta, Canada: 48, 1978.
 24. FROST, R. *Physical Education: Foundations - Practices - Principles*. Addison Wesley Publishing Company, 1975.
 25. FUKASHIRO, S. et al. A biomechanical study of the triple jump. *Med. Sci. Sports Exercise*, 13(4):233-237, 1981.
 26. GAMBETTA, V. L'Entraînement Plyométrique. *AEFA*, 61:53-54, 1978.
 27. GRACELLI, G. Efeitos do treinamento pliométrico e treinamento isotônico com sobrecarga sobre variáveis do salto em extensão. *Rev. Bras. Ciências do Esporte*, 5(1):20, 1983.
 28. HAY, J. G. *Biomecânica das técnicas desportivas*. Ed. Interamericana, Rio de Janeiro, 1981.
 29. HOLLMANN, W.; HETTINGER, T. *Medicina do esporte*. Ed. Manole, São Paulo, 1983.
 30. ITO, A. et al. Mechanical efficiency of positive work in running at different speeds. *Med. Sci. Sports Exercise*, 15(4):299-308, 1983.
 31. KOMI, P. V. Integrative approach of biomechanics and physiology in the study of locomotion. *Int. J. Sports Med.*, 2:192, 1981.
 32. KOMI, P. V. Desempenho biomecânico e neuromuscular. *Rev. Bras. Ciências do Esporte*, 5(2): 66-69, 1984.
 33. KOMI, P. V. and BOSCO, C. Utilization of store elastic energy in leg extensor muscles by men and women. *Med. Sci. Sports*, 10(4): 261 - 265, 1978.
 34. MARGARIA, R. *Biomechanics and energetics of muscular exercise*. Oxford University Press 1976.
 35. MATVEIEV, L. *Periodización del entrenamiento deportivo*. INEF. Madrid, 1977.
 36. MATVEIEV, L. *Los fundamentos del entrenamiento deportivo*. Ed. Raduga, Moscou, 1983.
 37. MELLEROWICZ, H. e MELLER, W. *Bases fisiológicas do treinamento físico*. EPU/EDUSP, São Paulo, 1979.
 38. MILLER, B. P. The effects of plyometric training on the vertical jump performance of adult female. *Med.*, 16(2):113, 1982.
 39. OSES, A. O efeito de três diferentes programas de treinamento do salto em profundidade sobre o resultado do salto vertical. *Rev. Bras. Ciências do Esporte*, 5(1):27, 1983.
 40. OSES, A. O efeito do treinamento do salto em profundidade sobre diferentes qualidades físicas. *Anais do II Simpósio Mineiro de Ciências do Movimento*: 14, 1984.
 41. RICHNER, B. *Entrenamiento de la impulsión*. Cuadernos de Atletismo. Longitud Y Triple RFEA/ENE: 5-25, Madrid, 1981.
 42. SCHMOLINSKY, G. *Track and field*. Sportverlag Berlin, 1978.
 43. SCHROEDER, W. Power development problems. *Track Technique*, 94:3012, 1986.
 44. STEBEN, R. E. and STEBEN, A. The validity of the stretch shortening cycle in selected jumping events. *J. Sports Med.*, 21:28-37 1981.
 45. TUBINO, M. J. G. *Metodologia científica do treinamento desportivo*. Ibrasa, São Paulo, 1979.
 46. WATSON, A. *Aptidão física e desempenho atlético*. Guanabara Koogan, Rio de Janeiro, 1986.
 47. WEINECK, J. *Manual de treinamento esportivo*. Ed. Manole, São Paulo, 1986.
 48. WILT, F. *Pliometria*. *Rev. Stadium*, 75:3-6, 1979.
 49. WIRHED, R. *Atlas de anatomia humana*. Ed. Manole, São Paulo, 1986.
 50. YOUNG, W. and MARINO, W. Bounding in jumping events. *Track Technique*, 93:2979, 1985.

Endereço do Autor - Author Address

Nélio Alfano Moura
Rua Cantareira, 686, 1º andar
01024-São Paulo - SP