

O CICLO DE ALONGAMENTO E ENCURTAMENTO E A “PERFORMANCE” NO SALTO VERTICAL

Carlos UGRINOWITSCH*
Valdir José BARBANTI*

RESUMO

O salto vertical é uma ação básica para várias modalidades esportivas, sendo que muitas pesquisas vêm sendo realizadas na tentativa de se estabelecer um referencial teórico para sua compreensão. Seu desenvolvimento se deu em grande parte pela importância que o salto vertical tem para o estudo do Ciclo de Alongamento e Encurtamento (CAE), o qual é um mecanismo fisiológico que tem como função aumentar a eficiência mecânica do movimento. Ele está baseado no acúmulo de energia potencial elástica durante as ações musculares excêntricas, a qual é liberada na fase concêntrica subsequente na forma de energia cinética. Para testar a quantidade de acúmulo e utilização da energia potencial elástica, duas técnicas de salto vertical são comumente utilizadas, o “squat jump” (SJ) e o “counter movement jump” (CMJ). O aumento da força na fase concêntrica do salto vertical, com a utilização do CAE, não está ligado somente à energia potencial elástica, pois existem outros mecanismos auxiliares como o reflexo de estiramento, a força gerada na ação excêntrica e o padrão de ativação das unidades motoras. Questões relacionadas ao controle motor para a execução destas duas técnicas de salto vertical também parecem ter influência primordial. Todas essas questões teóricas forneceram grandes contribuições para a elaboração de treinamentos com o intuito de melhorar a “performance” no salto vertical. A partir do exposto, os objetivos desse trabalho foram analisar o referencial teórico que fundamenta o CAE, e relacionar o mesmo com os meios e métodos de treinamento utilizados para melhorar a “performance” nas ações de salto vertical.

UNITERMOS: Ciclo de alongamento e encurtamento; Salto vertical; Treinamento esportivo.

INTRODUÇÃO

Várias modalidades esportivas utilizam o salto vertical durante os jogos ou provas (voleibol, basquetebol, saltos no atletismo, etc.), sendo que, em algumas delas ele é parte importante de ações motoras mais complexas (cortadas e bloqueios no voleibol, arremessos e rebotes no basquetebol, etc.), enquanto para outras, representa o próprio resultado esportivo (salto em altura). Em vista dessa importância, vários estudos vêm sendo realizados na tentativa de explicar as variáveis que determinam a “performance” nessa ação motora (Bobbert, Gerritsen, Litjens & Van Soest, 1996;

Dowling & Vamos, 1993; Fukashiro, Komi, Järvinen & Miyashita, 1995; Holcomb, Lander, Rutland & Wilson, 1996a).

Além disso, o estudo do salto vertical vem sendo fortemente impulsionado pelo desenvolvimento do referencial teórico do Ciclo de Alongamento e Encurtamento (CAE), o qual está sendo adotado como um paradigma vigente para o estudo da função muscular. Ele é um mecanismo fisiológico que tem a função de aumentar o “output” motor em movimentos que utilizem ações musculares excêntricas, seguidas imediatamente,

* Escola de Educação Física e Esporte da Universidade de São Paulo.

por ações musculares concêntricas. Vários trabalhos foram realizados, nos quais os objetos de estudo eram fatores relacionados ao CAE e ao salto vertical (Bobbert et alii, 1996; Komi, 1984).

Portanto, os objetivos desse estudo foram analisar o referencial teórico que fundamenta o CAE, a luz de conhecimentos da biomecânica e da fisiologia de exercício, e relacionar o mesmo com os meios e métodos de treinamento utilizados para melhorar a “performance” nas ações de salto vertical.

MODELO CONCEITUAL DE HILL

Para a elaboração de seu modelo Hill (1950) estabeleceu três elementos constitutivos básicos: contráteis, elásticos em série e elásticos em paralelo, como mostra a FIGURA 1.

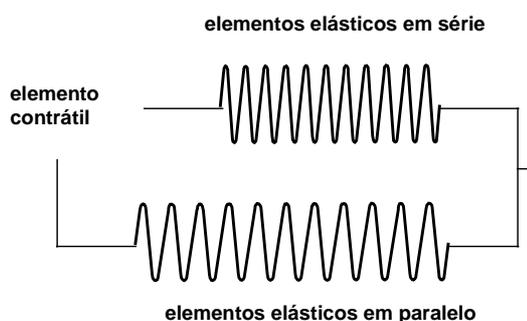


FIGURA 1 - Componentes da estrutura muscular (Adaptado de Hill, 1950).

O elemento contrátil é composto pelo maquinário contrátil, o complexo actina-miosina (Fox, Bowers & Foss, 1993), sendo a fonte geradora de força ativa. Os elementos elásticos em série estão localizados nas cabeças de miosina e nos tendões, (Edgerton, Roy, Gregor & Rugg, 1986; Ettema & Huijing, 1989, 1994; Faro, 1995; Huijing, 1992), sendo estas as estruturas responsáveis por acumular e liberar energia potencial elástica, atuando como uma fonte passiva de geração de força. Já os elementos elásticos em paralelo são compostos pelos tecidos conectivos responsáveis pela manutenção da estrutura muscular, (Huijing, 1992), opondo resistência ao movimento quando ocorre um alongamento muscular.

O CICLO DE ALONGAMENTO E ENCURTAMENTO (CAE)

O CAE é utilizado em várias ações diárias como correr, andar, saltar, aproveitando a capacidade elástica inerente aos elementos elásticos em série.

O potencial elástico dos músculos só pode ser utilizado quando há um alongamento

muscular com concomitante geração de força. Durante essas ações musculares há a produção de trabalho negativo, o qual tem parte de sua energia mecânica absorvida e armazenada na forma de energia potencial elástica nos elementos elásticos em série (Farley, 1997). Quando há a passagem da fase excêntrica para a concêntrica, rapidamente, os músculos podem utilizar esta energia aumentando a geração de força na fase posterior com um menor custo metabólico, Komi (1986) citou que em duas atividades idênticas, onde uma utiliza o CAE, e a outra não, o consumo de oxigênio será menor naquela que o utilizar, assim como haverá uma menor atividade eletromiográfica se tiverem o mesmo “output” motor. Porém, se a passagem de uma fase para outra, for lenta, a energia potencial elástica será dissipada na forma de calor, não se convertendo em energia cinética, (Cavagna, 1977; Goubel, 1997). Kreighbaum & Barthels (1990) citaram que a capacidade de geração de força pode aumentar em até 20%, enquanto Cavagna (1977) definiu o potencial elástico muscular máximo em torno de 50%. Van Ingen Schenau, Bobbert & Haan (1997a) afirmaram que a utilização da energia potencial elástica não pode ser máxima, porque de acordo com a Segunda lei da termodinâmica, nem toda energia acumulada pode

ser utilizada, pois sempre parte dela é perdida por causa da tendência à desordem (entropia).

Vários estudos foram realizados na tentativa de quantificar a contribuição para o acúmulo de energia potencial elástica, das duas estruturas que compõem os elementos elásticos em série; (Caldwell, 1995; Ettema & Huijing, 1989; Hoy, Zajac & Gordon, 1990; Huijing, 1992; Pousson, Van Hoecke & Goubel, 1990; Winter, 1979), sendo que a maioria dos autores encontrou que os tendões eram a estrutura mais importante para tal. Isso está diretamente ligado ao grau de “stiffness” da estrutura tendinosa, pois quanto mais elevado, maior será o acúmulo de energia potencial. “Stiffness” foi definido por Gans (1982) como sendo a resistência oposta, pelo complexo músculo-tendão, à deformação devido a um alongamento rápido, enquanto Huijing (1992) e Cook & McDonagh (1996) o definiram matematicamente como sendo a variação da força sobre a variação do comprimento da estrutura tendinosa ($\Delta f / \Delta c$), podendo através dele obter-se valores numéricos do grau de “stiffness”.

O grau de “stiffness” dos tendões está relacionado com o arranjo espiralado de suas fibras colágenas, fazendo com que ele tenha um comportamento não linear quando exposto a uma força externa que provoque o seu estiramento. Inicialmente, pequenas alterações de força provocam pequenas mudanças no grau de “stiffness”, após, pequenas alterações de força o alteram acentuadamente, e finalmente, grandes alterações de força têm pouca influência sobre ele até o momento que não suporta mais, e se rompe.

Também as cabeças de miosina colaboram como o grau de “stiffness”, porém de outra forma, pois durante a fase excêntrica do movimento, elas sofrem uma rotação contrária ao sentido do encurtamento dos sarcômeros, sendo que, quanto maior o número de pontes cruzadas ativas, umas sobre a outras (em paralelo), maior o seu grau.

De acordo com Ettema & Huijing (1994) e Cook & McDonagh (1996), os tendões e as cabeças de miosina possuem diferentes graus de “stiffness”, por causa das diferentes formas de geração de resistência, mas apesar de serem incongruentes, quanto maior o grau de “stiffness” de ambas, maior o acúmulo de energia potencial elástica que poderá ser liberada na fase concêntrica do movimento.

Os tendões e as cabeças de miosina não são as únicas estruturas responsáveis pelo grau de “stiffness”, o complexo músculo-tendão, como

um todo, também colabora. Ettema & Huijing (1994) citaram que o grau de “stiffness” das estruturas só se equívale (funcionando como um complexo) quando o movimento provoca pequeno deslocamento angular e é realizado em alta velocidade, o que está de acordo com Bobbert (1990), que acredita que os movimentos com menor deslocamento angular e grande velocidade permitem uma melhor eficiência na utilização da energia potencial elástica.

Métodos de análise da utilização da energia potencial elástica

O trabalho de Komi & Bosco (1978) se tornou clássico para o estudo do CAE, pois os autores o analisaram em testes específicos de salto vertical, através de duas técnicas distintas para a sua execução. A eficiência do CAE foi verificada através de curvas força-velocidade, onde a força gerada era maior, quando comparada à movimentos que não utilizavam esse mecanismo, na mesma velocidade de execução.

A primeira técnica de salto vertical foi chamada de “Squat Jump” (SJ) ou salto partindo da posição de meio-agachamento. O executante assumia uma posição estática de flexão dos joelhos à 90°, mãos na cintura, os pés paralelos com um afastamento confortável, não era permitido um novo abaixamento do centro de gravidade (CG), sendo o movimento apenas ascendente. Assim realizado, a energia potencial elástica acumulada era perdida na forma de calor, devido a manutenção da posição estática assumida, e o salto era realizado somente com a capacidade dos grupos musculares esqueléticos de gerar força sem a utilização do CAE (Goubel, 1997; Komi & Bosco, 1978).

A segunda técnica de salto vertical chamada de “Counter Movement Jump” (CMJ), ou salto com contra movimento, era permitido ao executante realizar a fase excêntrica e concêntrica do movimento, a transição da fase descendente para a ascendente deveria ser feita o mais rápido possível, desta forma o CAE poderia ser utilizado produzindo uma maior geração de força, uma maior elevação do centro de gravidade (CG), com uma maior eficiência mecânica (menor gasto energético).

Autores como Enoka¹ citado por Harman, Rosenstein, Frykman & Rosenstein (1990), encontraram uma diferença de 12% na altura de elevação do CG, do CMJ para o SJ, já Baker (1996), citou um aumento de 15 a 20% do

CMJ para o SJ e que, um aumento menor do que 10% significava uma má utilização do CAE, Anderson & Pandy (1993), determinaram um aumento de 5% de uma técnica para outra e Bobbert et alii (1996), encontraram uma diferença de 7,6%.

Fatores que alteram a geração de força entre o CMJ e o SJ

A maior elevação do CG no CMJ não vem sendo explicada somente pela utilização da energia potencial elástica, outros mecanismos também são envolvidos aumentando a eficiência do CAE.

Reflexo de estiramento

A primeira hipótese apresentada para auxiliar na explicação da diferença percentual existente entre o resultado do SJ e do CMJ, atuando em conjunto com o acúmulo de energia potencial elástica, foi o reflexo de estiramento, Komi (1984, 1986, 1992) e Holcomb et alii (1996a,b). Ele está baseado em duas estruturas proprioceptivas auxiliares no controle do movimento: os fusos musculares e os órgãos tendinosos de Golgi (FIGURA 2).

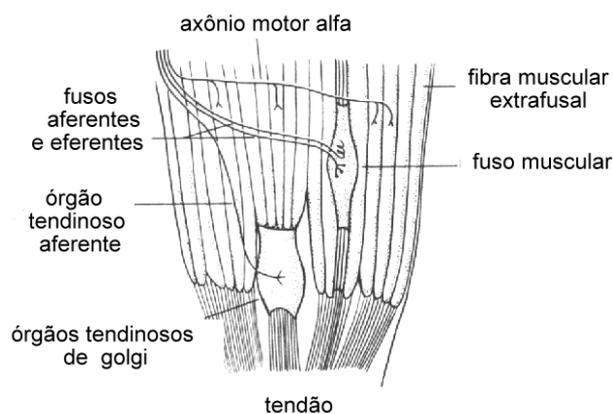


FIGURA 2 - Órgãos proprioceptores presentes na estrutura muscular (Adaptado de Gordon & Ghez, 1991).

A primeira, os fusos musculares, é responsável pela detecção do grau de alongamento músculo-tendinoso, onde, a partir de determinado limiar, existe uma ação muscular reflexa, concêntrica ou isométrica, como forma de proteção da estrutura a um alongamento excessivo e rápido. A segunda, os órgãos tendinosos de Golgi, é responsável pela detecção do grau de tensão muscular e suas respostas reflexas causam o relaxamento do músculo ou músculos envolvidos na tarefa.

Komi & Gollhofer (1997) citaram que a ação do reflexo de estiramento pode aumentar o grau de “stiffness” da estrutura músculo-tendinosa e fazer com que haja um aumento tanto da força gerada, quanto do seu grau de desenvolvimento.

Contudo, os mesmos autores afirmaram que somente em movimentos onde a

quantidade de pré-estiramento é pequena (um alongamento do complexo músculo-tendão da ordem de 6 a 8%), o reflexo de estiramento pode ser utilizado (exemplo: movimentos com pequena amplitude). Isso ficou evidente quando se realizaram saltos em profundidade, partindo de plataformas muito elevadas (exemplo: 140 cm), e houve uma inibição do reflexo de estiramento fruto da grande amplitude de movimento necessária para amortecer a força gerada pelo impacto com o solo (ativando os órgãos tendinosos de Golgi). Fato também ocorrido quando a fadiga, por ações repetitivas, diminui a ação desse mecanismo, produzindo o mesmo efeito na geração de força.

Ação muscular excêntrica

A ação muscular excêntrica tem sido relatada pela literatura como mais eficiente e com

maiores possibilidades de geração de força que as ações musculares concêntricas e isométricas, (Kellis & Baltzopoulos, 1995; Pousson et alii, 1990; Stauber, 1989).

Tanto Komi (1984, 1986) quanto Kellis & Baltzopoulos (1995) citaram que as ações musculares excêntricas são mais eficientes, pois têm um menor gasto energético para a mesma geração de força, em relação as outras.

Stauber (1989) explicou o possível mecanismo fisiológico para a maior eficiência mecânica, pois enquanto os músculos não são ativados, as cabeças de miosina estão em um estado de pré-ativação, onde a conexão com os sítios de ligação da actina só não acontece porque não há a presença do cálcio para interagir com a troponina e, deslocar a tropomiosina, expondo os sítios de ligação. Nas ações excêntricas as cabeças de miosina se conectam com os sítios de ligação e sofrem uma rotação contrária e, para se soltarem, necessitam de uma força muito maior do que aquela gerada para realizar a rotação das cabeças de miosina no sentido do encurtamento dos sarcômeros. Essa separação das cabeças de miosina nas ações excêntricas, quando existe a rotação contrária, não requer gasto energético, pois as moléculas de ATP ligadas a elas não sofrem o processo de hidrólise, fazendo com que sejam mais eficientes em termos de gasto energético (força gerada/ consumo de ATP).

Coordenação para a execução do SJ

As ações de salto vertical que são realizadas dentro da prática esportiva requerem um rendimento muito próximo ao máximo, um aumento de cinco centímetros na elevação do CG pode provocar profundas alterações nos resultados das competições ou na “performance” dos atletas. Para tal a técnica de salto CMJ é mais utilizada, sendo raros os saltos executados com a técnica SJ.

Bobbert et alii (1996) e Anderson & Pandy (1993) citaram que o CMJ produz uma maior elevação do CG pelo fato dos executantes não terem coordenação para executar o SJ. De acordo com Bobbert & Van Soest (1994), o componente coordenativo mais importante para as ações de salto vertical é o correto “timing” das ações musculares que ocorrem do sentido proximal para o distal, significando que a articulação do quadril é utilizada inicialmente, seguida pela articulação do joelho e logo após pela do tornozelo, sendo o treinamento específico desses saltos (SJ)

um fator primordial para melhorá-los.

Anderson & Pandy (1993); Bobbert et alii (1996); Komi & Gollhofer (1997) e Van Ingen Schenau et alii (1997a) colocaram em dúvida a validade dos testes de salto vertical para avaliar a eficiência da utilização do CAE (Komi & Bosco, 1978), pois consideraram os aspectos coordenativos mais relevantes para a maior altura de elevação do CG no CMJ, mas este fato carece de maior comprovação científica.

Possibilidade de aumento na geração de força no CMJ em relação ao SJ

Quando da realização do SJ, os músculos não conseguem atingir um alto nível de força para a execução do salto. Não sendo o movimento balístico, o tempo para a produção de uma força equivalente ao do CMJ tem que ser maior (contando-se o tempo em que a posição de semi-agachamento é mantida, antes da execução do salto, que é em torno de dois segundos), pois o recrutamento das unidades motoras obedece ao princípio de Henneman (padrão de ativação em rampa, FIGURA 3) citado por Winter (1979), Roy & Edgerton (1992) e Sale (1988), onde as unidades motoras de menor tamanho, normalmente compostas por fibras de contração lenta, são ativadas inicialmente, seguidas pelas unidades motoras de maior tamanho, compostas por fibras de contração rápida. Contudo, não é possível se obter mais tempo para gerar força no SJ, pois assim que a força produzida é suficiente para romper a inércia da posição estática, o movimento se inicia, e as fibras musculares com maior possibilidade de gerar força (tipo II) não conseguem um alto nível de ativação, fazendo com que o grau de desenvolvimento da força seja menor.

Já no CMJ, o padrão de ativação das unidades motoras é considerado como balístico (FIGURA 3), pois o movimento é executado em grande velocidade, sendo que as unidades motoras maiores são ativadas logo no início do movimento, fazendo com que o grau de desenvolvimento da força seja muito maior, assim como o trabalho positivo gerado. Vários autores vêm apontando o grau de desenvolvimento da força como o fator mais importante para aumentar a “performance” no salto vertical, pois ele maximiza a velocidade vertical no momento da decolagem (Bobbert et alii, 1996; Van Ingen Schenau, 1997a,b).

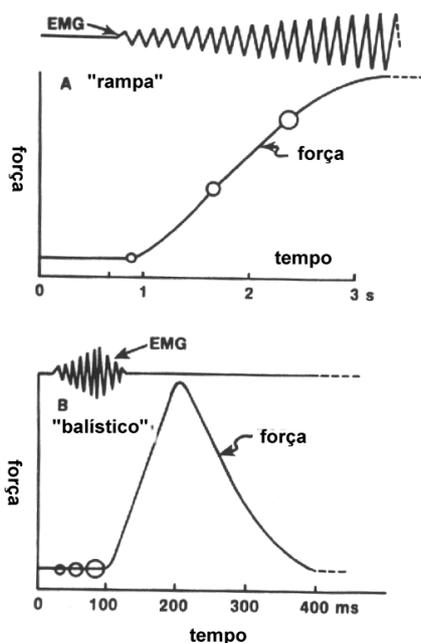


FIGURA 3 - Padrão de ativação das unidades motoras (Adaptado de Sale, 1987).

IMPLICAÇÕES PRÁTICAS

Vários meios de treinamento vêm sendo utilizados e desenvolvidos na tentativa de maximizar o salto vertical, sendo que, duas tendências básicas podem ser normalmente encontradas:

- a) alguns estudos demonstraram que o treinamento com pesos, visando aumentar a força dos músculos esqueléticos, produz efeitos positivos na elevação do CG no salto vertical (Adams, O'Shea, O'Shea & Climstein, 1992; Clutch, Wilton, McGown, Bryce & Rex, 1983; Wilson, Murphy, Walshe & Ness, 1996), contudo as amostras utilizadas não foram compostas por atletas de alto nível, o que, em certa parte, pode ter provocado resultados não transferíveis para os mesmos pela falta de especificidade desse meio de treinamento;
- b) aumentar a capacidade do sistema muscular, como um todo, de gerar força rapidamente, através de treinos mais específicos, com a utilização de exercícios de saltos verticais e horizontais.

Os métodos de treinamento mais utilizados para esta segunda forma de aumentar a capacidade de salto são: multi-saltos, saltos com

sobrecarga e pliometria. Eles devem obedecer alguns princípios para que os seus objetivos sejam atingidos, sendo que, todos eles têm relação com o não aparecimento da fadiga e a velocidade de execução dos movimentos.

Quando for considerada apenas a unidade de treinamento, os exercícios de salto devem ser realizados logo após um aquecimento intenso, pois exigem grande coordenação e ativação do sistema neuro-muscular. Se o foco de atenção for o microciclo, estes exercícios devem ser utilizados sempre em dias em que a carga de treinamento do dia anterior for leve, ou se houver repouso passivo por causa de folgas no treinamento, pois se forem executados após um treino de força muito pesado ou de resistência anaeróbica, o sistema neuro-muscular estará com um elevado grau de fadiga e a velocidade de execução dos exercícios irá diminuir, alterando o padrão coordenativo do movimento e diminuindo a eficiência na utilização do CAE.

As séries devem ser curtas para que o padrão de ativação das unidades motoras possa ser mantido e, somente o sistema anaeróbio alático utilizado, fazendo com que cada série seja

composta por quatro a oito saltos (repetições), seguidas por períodos de recuperação de 1’30” a três minutos entre elas (a extensão do intervalo está ligada ao tempo de reposição das reservas de ATP-CP).

A intensidade dos saltos deve procurar ser sempre máxima, obtendo-se a maior elevação possível do centro de gravidade em cada um dos saltos da série. O volume total do treinamento deve ser individualizado, pois como citado por Komi, Nicol & Marconnet (1992) e Horita, Komi, Nicol & Kyrolainen (1996), a fadiga provoca um claro aumento na transição da fase excêntrica para a concêntrica do salto, para que o indivíduo tenha mais tempo para gerar a força necessária para realizar um salto com a mesma elevação do CG (quanto menor a participação do CAE e dos mecanismos auxiliares, com um concomitante aumento da força necessária para a execução de uma mesma tarefa, mais rápida será a instalação da fadiga). O indivíduo também perde a capacidade de amortecer o impacto gerado pela força reação do solo, tendo maior sobrecarga sobre o aparelho articular por perda da qualidade do controle do movimento. A energia potencial elástica acumulada é perdida na forma de calor e o efeito de treinamento diminuído, por isto ele deve ser interrompido com o aparecimento da fadiga.

Os treinadores costumam utilizar superfícies mais macias para o amortecimento dos saltos (colchões de algodão ou espuma, grama e outros), por causa do impacto da queda, mas este procedimento deve ser analisado com cautela, pois superfícies muito macias fazem com que o salto perca a sua especificidade pelo aumento na transição entre as fases (excêntrica-concêntrica).

Os multi-saltos são o método de treinamento com menor efeito de treinamento para atletas de alto nível, mas excelente para os atletas de nível médio e iniciantes, por ter a possibilidade de incorporar numerosos elementos coordenativos e ser um estímulo suficientemente forte para aumentar a eficiência do CAE e o grau de desenvolvimento da força, conseqüentemente a “performance” no salto. Eles são divididos em duas formas básicas, saltos horizontais e verticais, sendo a primeira composta por seqüências de “hops”, “steps” e “jumps” nas mais variadas formas possíveis (exemplo: saltos com uma perna só, na seqüência; direita, direita, esquerda, direita, esquerda, esquerda), já os saltos verticais são executados com a utilização de elementos (cordas elásticas, cones, cadeiras, barreiras, etc.) para direcionar a força resultante no sentido vertical,

tanto em saltos unilaterais quanto bilaterais.

Os saltos devem ser feitos sempre em progressão (seqüências), fazendo com que a passagem da fase excêntrica para a concêntrica seja feita rapidamente pelo aumento da energia cinética, contudo este conceito é relativo, pois se a velocidade de execução for muito alta, a correta ativação dos grupos musculares envolvidos é perdida e, se por outro lado, for realizada lentamente a energia potencial elástica será perdida na forma de calor. A altura do salto não deve ser perdida em busca de uma maior velocidade de execução da série, pois o que conta para um bom efeito do treinamento é somente a fase de contato com o solo, e não a fase aérea.

Os saltos com sobrecarga são um método de treinamento com grande eficiência, mas devem ser utilizados em atletas que já tenham explorado o potencial de treinamento dos multi-saltos e tenham um grau elevado de força. Eles se utilizam de qualquer tipo de salto que são sempre executados com sobrecargas que representem 10% do peso corporal (exemplo: uma pessoa de 80 kg, utilizará sobrecargas de até 8 kg). Sua eficiência está baseada no fato de que o peso adicional irá aumentar a força gerada na ação excêntrica, para absorver o trabalho negativo produzido por uma maior massa corporal e inércia, acumulando mais energia potencial elástica nos elementos elásticos em série. Se a carga adicional superar os 10% do peso corporal, a mecânica do salto poderá ser alterada, fazendo com que haja uma maior flexão dos membros inferiores para o amortecimento e, conseqüentemente, maior tempo de transição de uma fase para a outra, fazendo com que o grau de desenvolvimento da força seja muito menor.

A pliometria vem sendo muito difundida dentro do meio esportivo, mas seus efeitos ainda não completamente estabelecidos pela literatura (para mais detalhes veja Bobbert, 1990). Para isto são utilizados saltos partindo-se de uma plataforma elevada, para o chão, seguidos por saltos para uma próxima plataforma, sendo que suas alturas variam de 20 cm a 110 cm.

Esse método de treinamento tem como objetivo fazer com que a velocidade do CG no momento de contato com o solo aumente, pela ação da força da gravidade na quantidade de energia cinética do corpo durante a queda. Isto faz com que a força excêntrica seja maior, e gerada rapidamente para amortecer o impacto e, conseqüentemente, produzir uma facilitação neural para que a força concêntrica também seja gerada da mesma forma (aumentando o grau de

desenvolvimento de força concêntrica), assim como aumentando a eficiência no retorno da energia elástica pela utilização do CAE. A altura de queda deve obedecer a certos critérios, pois se for muito baixa, para o atleta não produzirá adaptações na capacidade de salto, e se for muito elevada, o estímulo será muito forte fazendo com que ele tenha que flexionar muito as articulações dos membros inferiores, perdendo a eficiência do CAE, como nos saltos com sobrecarga.

CONCLUSÕES

O referencial teórico aqui exposto não fundamenta completamente a atividade prática, pois ainda não pode ser quantificado de maneira adequada a importância do CAE para as ações de salto, pelas várias controvérsias apresentadas. Apesar das críticas na avaliação da utilização da energia potencial elástica no CMJ e SJ (Bobbert et alii, 1996; Van Ingen Schenau et alii, 1997a; Komi & Gollhofer, 1997), a maioria dos autores não descarta a sua utilização em ações de salto repetidas (Van Ingen Schenau et alii, 1997b). Já o reflexo de estiramento e a ação muscular excêntrica têm se mostrado eficientes no aumento da produção de força e, conseqüentemente, na "performance" do salto vertical, mas as justificativas teóricas apresentadas até o momento não são conclusivas (Van Ingen Schenau et alii,

1997a).

As bases teóricas dos meios e métodos de treinamento apresentados anteriormente ainda carecem de maior detalhamento, pois elas são feitas, a partir do referencial teórico apresentado para o CAE, através de induções que não garantem a validade das mesmas. Há necessidade de se colocar à experimentação científica as teorias apresentadas em situações próprias de treinamento, a fim de verificar a validade ecológica das mesmas. Contudo, deve ser observado que o aparato tecnológico existente parece ainda não estar adequado a resolver tais questões. Isso faz com que grande parte do conhecimento utilizado pelos treinadores ainda seja obtido através de tentativa e erro, ou de grandes saltos indutivos.

Para solucionar tais problemas as pesquisas deveriam obedecer três tendências:

- a) utilizar o método dedutivo para a elaboração dos problemas de pesquisa;
- b) serem realizadas mais pesquisas aplicadas, com o intuito de verificar a efetividade dos meios e métodos de treinamento criados, para que eles sejam implementados mais rapidamente, com maior segurança e eficiência;
- c) criadas linhas de pesquisa integrativas, que possam testar a validade de conceitos teóricos para a explicação de resultados práticos, e também produzir "insights" para criação de meios e métodos de treinamento com maior suporte teórico.

ABSTRACT

THE STRETCH SHORTENING CYCLE AND THE VERTICAL JUMPING ABILITY

Vertical jumping ability is a basic item for many sports and many studies have been done in the way to develop a theoretical framework for it. Most of its development is because vertical jumping has been considered a valid test to study the Stretch Shortening Cycle (SSC), a physiological mechanism that potentiates the concentric part of the jump through the storage and utilization of potential elastic energy. The squat jump (SJ) and the counter movement jump (CMJ) have been used to measure the amount of energy that is stored and utilized. The utilization of potential elastic energy is helped by other physiological mechanisms such as the stretch reflex, pattern of motor units activation and the strength produced by the eccentric action, but questions related to motor control are getting more important to explain the differences between these two jump techniques. The development of the theoretical framework has helped the improvement of the practice to improve vertical jumping ability. The aims of this essay were: analyse the theoretical framework of the SSC; and relate it with the training methods that have been used to develop vertical jumping ability.

UNITERMS: Stretch-shortening cycle; Vertical jumping; Physical training.

NOTA

1. Enoka, R.M. **Neuromechanical basis of kinesiology**. Champaign, Human Kinetics, 1988. p.6-7, 204-6.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADAMS, K.; O'SHEA, J.P.; O'SHEA, K.L.; CLIMSTEIN, M. The effect of six weeks of squat, plyometric and squat-plyometric training on power production. **Journal of Applied Sport Sciences Research**, v.6, n.1, p.36-41, 1992.
- ANDERSON, F.C.; PANDY, M.G. Storage and utilization of elastic strain energy during jumping. **Journal of Biomechanics**, v.26, n.12, p.1413-27, 1993.
- BAKER, D. Improving, vertical jumping performance through general, special, and specific strength training: a brief review. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v.10, n.2, p.131-6, 1996.
- BOBBERT, M.F. Drop jumping as a training method for jumping ability. **Sports Medicine**, v.9, n.1, p.7-22, 1990.
- BOBBERT, M.F.; GERRITSEN, K.G.M.; LITJENS, M.C.A.; VAN SOEST, A.J. Why is countermovement jump height greater than squat jump height? **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.28, n.11, p.1402-12, 1996.
- BOBBERT, M.F.; VAN SOEST, A.J. Effects of muscle strengthening on vertical jumping height: a simulation study. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.26, n.8, p.1012-20, 1994.
- CALDWELL, G.E. Tendon elasticity and relative length: effects on the Hill two-component muscle model. **Journal of Applied Biomechanics**, v.11, p.1-24, 1995.
- CAVAGNA, G.A. Storage utilization of elastic energy in skeletal muscle. **Exercise and Sport Sciences Review**, v.5, p.89-129, 1977.
- CLUTCH, D.; WILTON, M.; MCGOWN, C.; BRYCE, C.; REX, G. The effect of depth jumps and weight training on leg strength and vertical jump. **Research Quarterly for Exercise and Sport**, v.54, n.1, p.5-10, 1983.
- COOK, C.S.; McDONAGH, M.J.N. Measurement of muscle and tendon stiffness in man. **European Journal of Applied Physiology**, v.72, p.380-2, 1996.
- DOWLING, J.J.; VAMOS, L. Identification of kinetic and temporal factors related to vertical jump performance. **Journal of Applied Biomechanics**, v.9, p.95-110, 1993.
- EDGERTON, V.R.; ROY, R.R.; GREGOR, R.J.; RUGG, S. Morphological basis of skeletal muscle power output. In: JONES, N.L.; McCARTNEY, N.; McCOMAS, A.J., eds. **Human muscle power**. Champaign, Human Kinetics, 1986. Cap.4, p.43-64.
- ETTEMA, G.J.C.; HUIJING, P.A. Properties of the tendinous structures and series elastic component of EDL muscle-tendon complex of the rat. **Journal of Biomechanics**, v.22, n.11/12, p.1209-15, 1989.
- _____. Skeletal muscle stiffness in static and dynamic contractions. **Journal of Biomechanics**, v.27, n.11, p.1361-8, 1994.
- FARLEY, C.T. Role of the stretch-shortening in jumping. **Journal of Applied Biomechanics**, v.3, n.4, p.436-9, 1997.
- FARO, A.M.M.A. **A especificidade da força muscular nos movimentos desportivos: um estudo em ginástica**. Coimbra, 1995. 162p. Tese (Doutorado) - Universidade de Coimbra.
- FOX, E.L.; BOWERS, R.W.; FOSS, M.L. **The physiological basis for exercise and sport**. Madison, Brow & Benchmark, 1993. Cap.5, p.94-135: Skeletal muscle: structure and function.
- FUKASHIRO, S.; KOMI, P.V.; JÄRVINEN, M.; MIYASHITA, M. In vivo achilles tendon loading during jumping in humans. **European Journal of Applied Physiology**, v.71, p.453-8, 1995.
- GANS, C. Fiber architecture and muscle function. **Exercise and Sport Sciences Review**, v.10, p.160-207, 1982.
- GORDON, J.; GHEZ, C. Muscle receptors and spinal reflexes: the stretch reflex. In: KANDEL, E.R.; SCHWARTZ, J.H.; JESSEL, T.M., eds. **Principles of neural science**. New York, Appleton & Lange/Prentice-Hall, 1991. p.564-79.
- GOUBEL, F. Series elastic behavior during the stretch-shortening cycle. **Journal of Applied Biomechanics**, v.3, n.4, p.439-43, 1997.
- HARMAN, E.; ROSENSTEIN, M.T.; FRYKMAN, P.N.; ROSENSTEIN, R.M. The effects of arms and countermovement on vertical jumping. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.22, n.6, p.825-33, 1990.
- HILL, A.V. The series elastic components of muscle. **Proceedings of the Royal Society Biology**, v.137, p.273, 1950.
- HOLCOMB, W.R.; LANDER, J.E.; RUTLAND, R.M.; WILSON, G.D. A biomechanical analysis of the vertical jump and three modified plyometric depth jumps. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v.10, n.2, p. 83-8, 1996a.
- _____. The effectiveness of a modified plyometric program on power and the vertical jump. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v.10, n.2, p. 89-92, 1996b.
- HORITA, T.; KOMI, P.V.; NICOL, C.; KYROLAINEN, H. Stretch shortening cycle fatigue: interactions among joint stiffness, reflex, and muscle mechanical performance in the drop jump. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, v.73, n.5, p.393-403, 1996.

- HOY, M.G.; ZAJAC, F.E.; GORDON, M.E. A musculoskeletal model of the human lower extremity: the effect of muscle tendon, and moment arm on the moment-angle relationship of muscletendon actuators at the hip, knee, and ankle. **Journal of Biomechanics**, v.23, n.2, p.157-69, 1990.
- HUIJING, P.A. Elastic potential of muscle. In: KOMI, P.V., ed. **Strength and power in sport**. Oxford, Blackwell Scientific, 1992. Cap.6d, p.151-68.
- KELLIS, E.; BALZOPoulos, V. Isokinetic eccentric exercise. **Sports Medicine**, v.19, n.3, p.202-22, 1995.
- KOMI, P.V. Physiological and biomechanical correlates of muscles function: effects of muscle structure and stretch-shortening cycle on force and speed. **Exercise and Sport Sciences Review**, v.12, p.81-121, 1984.
- _____. Stretch-shortening cycle. In: KOMI, P.V., ed. **Strength and power in sport**. Oxford, Blackwell Scientific, 1992. Cap.6e, p.169-79.
- _____. The stretch-shortening cycle and human power output. In: JONES, N.; McCARTNEY, N.; McCOMAS, A.J., eds. **Human muscle power**. Champaign, Human Kinetics, 1986. Cap.3, p.27-40.
- KOMI, P.V.; BOSCO, C. Utilization of stored elastic energy in leg extensor muscles by men and women. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.10, n.4, p.261-5, 1978.
- KOMI, P.V.; GOLLHOFER, A. Stretch reflexes can have an important role in force enhancement during ssc exercise. **Journal of Applied Biomechanics**, v.3, n.4, p. 451-60, 1997.
- KOMI, P.V.; NICOL, C.; MARCONNET, P. Neuromuscular fatigue during repeated stretch-shortening cycle exercises. In: MARCONNET, P.; KOMI, P.V.; SALTIN, B.; SEJERSTED, O.M., eds. **Muscle fatigue mechanisms in exercise and training**. Basel, Karger, 1992. v.34, p.172-181.
- KREIGHBAUM, E.; BARTHEL, K.M. Neuromuscular aspects of movement. **Biomechanics**, 1990. Cap.2, p.63-92.
- POUSSON, M.; VAN HOECKE, J.; GOUBEL, F. Changes in elastic characteristics of human muscle induced by eccentric exercise. **Journal of Biomechanics**, v.23, n.4, p.343-8, 1990.
- ROY, R.R.; EDGERTON, R. Skeletal muscle architecture and performance. In: KOMI, P.V., ed. **Strength and power in sport**. Oxford, Blackwell Scientific, 1992. Cap.6b, p.115-29.
- SALE, D.G. Influence of exercise and training on motor unit activation. **Exercise and Sport Sciences Review**, v.15, p.95-149, 1987.
- _____. Neural adaptation to resistance training. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.20, n.5, p.S135-45, 1988. Supplement.
- STAUBER, W.T. Eccentric action of muscles: physiology, injury, and adaptation. **Exercise and Sport Sciences Review**, v.17, p.157-85, 1989.
- VAN INGEN SCHENAU, G.J.; BOBBERT, M.F.; HAAN, A. Does elastic energy enhance work and efficiency in the stretch-shortening cycle? **Journal of Applied Biomechanics**, n. 13, n.4, p.389-415, 1997a.
- _____. Mechanics and energetics of the stretch-shortening cycle: a stimulating discussion. **Journal of Applied Biomechanics**, v.3, n.4, p.484-96, 1997b.
- WILSON, G.; MURPHY, A.; WALSH, A.D.; NESS, K. Stretch shorten cycle performance: detrimental effects of not equating the natural and movement frequencies. **Research Quarterly for Exercise and Sport**, v.67, n.4, p.373-9, 1996.
- WINTER, D.A. **Biomechanics of human movement**, New York, John Wiley, 1979. p.108-26: Muscle mechanics.

Recebido para publicação em: 16 jan. 1998

Revisado em: 14 set. 1998

Aceito em: 02 out. 1998

ENDEREÇO: Carlos Ugrinowitsch
EEFEUSP
Departamento de Esporte
Av. Prof. Mello Moraes, 65
05508-900 - São Paulo - SP - BRASIL