

BASES FISIOLÓGICAS DO TREINAMENTO PLIOMÉTRICO APLICADO NA REABILITAÇÃO DE ATLETAS

Luciano Pavan Rossi¹, Michelle Brandalize², Marcos Tadeu T. Pacheco³

¹Docente do Departamento de Fisioterapia da Universidade Estadual do Centro-Oeste – UNICENTRO e do Departamento de Educação Física da Faculdade Guairacá – FAG, e-mail: lucianorossi79@yahoo.com.br

²Docente do Departamento de Fisioterapia da Universidade Estadual do Centro-Oeste – UNICENTRO

³Docente do programa de Pós-graduação da Universidade do Vale do Paraíba – UNIVAP

Resumo - A pliometria é uma técnica conhecida para aumentar a potência muscular e melhorar o rendimento atlético, porém, só recentemente, sua importância na prevenção e na reabilitação de lesões está sendo discutida. Os exercícios pliométricos são definidos como aqueles que ativam o ciclo excêntrico-concêntrico do músculo esquelético, provocando sua potenciação mecânica, elástica e reflexa. O objetivo deste trabalho de revisão bibliográfica é descrever as bases mecânicas, elásticas e neurofisiológicas da pliometria, assim como, a sua importância na reabilitação de atletas. Para isso, foram utilizados livros e artigos científicos nacionais e internacionais. Pôde-se observar, que esses exercícios são usados na fase final da reabilitação de vários tipos de lesões musculoesqueléticas, e também na prevenção de lesões, pois, acredita-se que eles são capazes de desenvolver força explosiva, aumentar a resposta muscular e melhorar a coordenação neuromuscular. Conclui-se, que é fundamental para o fisioterapeuta conhecer a aplicação clínica da pliometria na prevenção e no tratamento das lesões esportivas para poder elaborar um programa de tratamento seguro e eficiente.

Palavras chaves: ciclo excêntrico-concêntrico, pliometria, potenciação muscular, reabilitação.

Área de conhecimento: Ciências da Saúde

Introdução

A maioria das atividades desportivas, como saltar e arremessar, utiliza uma alternância de contrações musculares, denominada de ciclo alongamento-encurtamento, ou seja, um mecanismo fisiológico cuja função é aumentar a eficiência mecânica dos movimentos, nos quais ocorre uma contração muscular excêntrica, seguida, imediatamente, por uma ação concêntrica (VOIGHT, DRAOVITCH e TIPPETT, 2002). Um dos meios pelo qual se ativa o ciclo alongamento-encurtamento é a pliometria. Esse método é conhecido por desenvolver potência muscular em atletas. A potência representa o componente principal da boa forma física, que pode ser o parâmetro mais representativo do sucesso nos esportes que requerem força rápida e extrema (BOMPA, 2004).

O termo pliometria foi introduzido pelo treinador norte americano Fred Wilt em 1975. Essa técnica tornou-se popular nos anos 60 e 70 e foi responsabilizada pelo sucesso dos atletas do leste europeu na época (KUTZ, 2003). Os treinadores norte americanos já usavam saltos com bancos e pular corda, porém não conheciam sua base fisiológica. Foi então, o treinador soviético Yuri Verkhoshanski, durante o final da década de 60, quem começou a transformar o que eram apenas saltos aleatórios, em treinamento pliométrico organizado (PRENTICE e VOIGHT, 2003; BOMPA, 2004).

Os exercícios pliométricos são definidos como aqueles que ativam o ciclo excêntrico-concêntrico

do músculo esquelético, provocando sua potenciação elástica, mecânica e reflexa (MOURA e MOURA, 2001). O propósito dos exercícios de ciclo alongar-encurtar ou de contra movimento é melhorar a capacidade de reação do sistema neuromuscular e armazenar energia elástica durante o pré-alongamento, para que esta seja utilizada durante a fase concêntrica do movimento (DESLANDES *et al.* 2003). Esses exercícios promovem a estimulação dos proprioceptores corporais para facilitar o aumento do recrutamento muscular numa mínima quantidade de tempo (WILK *et al.*, 2001).

Além da importante contribuição desta técnica para o ganho de potência ela possui ainda, papel na melhora no desempenho do controle neuromuscular, porém somente há pouco a sua importância na prevenção e reabilitação de lesões está sendo discutida (HILLBOM, 2001). Desta forma, este trabalho de revisão bibliográfica tem como objetivo descrever as bases mecânicas, elásticas e neurofisiológicas da pliometria, assim como, o seu papel na reabilitação e prevenção de lesões em atletas, haja visto que eles precisam retornar de forma precoce e segura ao esporte competitivo.

Metodologia

Foi realizado um levantamento bibliográfico de revistas indexadas nacionais e internacionais, do período de 1993 a 2004, através dos sites de busca: Medline, Pubmed e Lilacs. Para isso foram utilizadas as seguintes palavras chaves: ciclo

excêntrico-concêntrico, pliometria, potenciação muscular e reabilitação.

Resultados

O ciclo alongamento-encurtamento é dividido em três fases, a fase excêntrica ou de pré-alongamento, a fase de amortização e a fase concêntrica ou de encurtamento. A fase excêntrica é descrita como preparatória, ela estimula os receptores musculares e carrega os músculos com energia elástica. A fase de amortização é o tempo entre o começo da contração excêntrica até o começo da contração concêntrica e a terceira e última fase é a de contração ou encurtamento, ou seja, a fase final do movimento pliométrico a qual gera o movimento explosivo (MOURA e MOURA, 2001; WILK e ARRIGO 2003; HOWARD, 2004; DAVIES, ELLENBECKER e BRIDELL, 2004).

As bases fisiológicas do exercício pliométrico são complexas, pois utiliza o ciclo do alongamento-encurtamento, sendo esta, baseada na combinação dos reflexos de estiramento muscular e nas propriedades mecânicas e, principalmente, elásticas do sistema musculotendíneo.

Segundo Deslandes *et al.* (2003) o comportamento muscular é representado como um modelo de três componentes, como mostrado na figura 1, que são um componente contrátil, CC, formado pela actina e miosina, um componente elástico em série, CES, que se encontra em série com o CC e possui uma parte ativa, situada na zona contrátil do músculo e uma parte passiva, correspondente ao tendão.

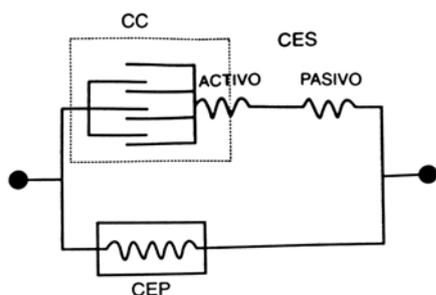


Figura 1: Componentes muscular

O componente elástico em paralelo, CEP, encontra-se em paralelo com o CC e corresponde ao sarcolema, ao endomísio, ao perimísio e ao epimísio. Este é responsável por manter as fibras unidas, e juntamente com o CES, confere importante rigidez funcional para aprimorar a transmissão da força de contração do músculo para o tendão e osso (NORDIN e FRANKEL, 2003).

Quando o músculo contrai concentricamente, a maior parte da força produzida é proveniente do

componente contrátil, ou seja, da interação entre os filamentos de actina e miosina e pouca energia elástica é armazenada. Na contração muscular excêntrica, o músculo é alongado e o CES também, dessa forma uma quantidade maior de energia elástica é estocada (DESLANDES *et al.* 2003). Acredita-se que ocorre um aumento significativo na produção de força muscular concêntrica quando imediatamente precedida por uma contração muscular excêntrica, devido à reutilização dessa energia elástica pelo músculo (PRENTICE e VOIGHT, 2003). Cerca de 28% da energia é estocada pelo CES ativo, enquanto que 72% pelo CES passivo, ou seja, o tendão é o principal responsável pela absorção de energia elástica durante uma ação excêntrica (BISCIOTTI, VILARDI e MANFIO, 2002).

Como se sabe, a eficiência mecânica do trabalho muscular é de aproximadamente 25%, ou seja, somente esse valor da energia química gasta se converte em energia mecânica, ou seja, movimento, e os outros 75% são transformados em energia térmica, calor, uma energia que não interessa em termos de desempenho (MOURA, 1994). Com o ciclo excêntrico-concêntrico, o rendimento muscular é 25% a 40% maior, devido à energia gratuita fornecida pelo armazenamento e recuperação da energia elástica, contribuindo para a economia do gesto esportivo (BISCIOTTI, VILARDI e MANFIO, 2002). Porém, para que isto aconteça é necessário que se realize um pré-alongamento de pequena amplitude, grande velocidade e tempo de amortização bastante curto, caso contrário, muita dessa energia será dissipada em calor (MOURA e MOURA, 2001).

Discussão

Para provar alguns parâmetros da pliometria, Bosco e Komi *apud* Prentice e Voight (2003) realizaram um estudo no qual compararam saltos de profundidade amortecidos com saltos não amortecidos. Saltos em profundidade são aqueles nos quais ocorre uma queda a partir de determinada altura seguida, imediatamente, de um salto vertical máximo, conforme figura 2.

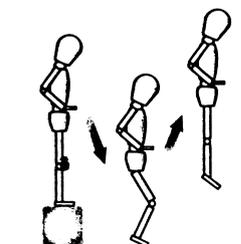


Figura 2: Salto em profundidade

Nos saltos não amortecidos, o ângulo de flexão de joelhos foi mínimo na aterrissagem, e este foi logo seguido por um salto imediato. Nos

saltos amortecidos, houve uma maior flexão de joelho, o que prolongou o início da fase concêntrica, dissipando assim, grande parte da energia elástica armazenada em calor. Verificou-se então que a produção de potência foi significativamente maior nos saltos não amortecidos, provando o que Moura e Moura (2001), afirmaram acerca da amplitude, velocidade e tempo do pré-alongamento.

Ainda, dois reflexos são de grande importância na fisiologia do ciclo excêntrico-concêntrico, a ativação do reflexo miotático, via estiramento rápido do fuso muscular e a dessensibilização dos órgãos tendinosos de Golgi, já que estes são limitadores da tensão muscular, inibindo a produção de força muscular. (PRENTICE e VOIGHT, 2003; BOMPA, 2004).

O reflexo miotático é um dos mais rápidos, pois sua latência ou tempo de reação é de cerca de 30 a 40mseg. Possui papel protetor através da estabilização muscular reflexa. Esse reflexo pode ser facilitado através do treinamento reativo, de forma que o atraso eletromecânico requerido para desenvolver tensão muscular seja reduzido (PRENTICE e VOIGHT, 2003). Quando ocorre uma demora nesse tempo de latência ou de reação, há maior possibilidade de o indivíduo sofrer lesões (MYERS e LEPHART, 2000).

Segundo Wilk *et al.* (1993) a pliometria é capaz de melhorar a eficiência neural e aumentar o controle neuromuscular. A utilização do pré-alongamento pode permitir que o indivíduo adquira uma melhor coordenação das atividades de grupos musculares específicos, a qual causa uma adaptação neural capaz de incrementar a produção de força explosiva. O aumento da força explosiva conseguida com o ciclo alongamento-encurtamento resulta tanto do armazenamento de energia elástica durante o pré-estiramento e sua reutilização como energia mecânica durante a contração concêntrica, como da ativação do reflexo miotático, porém, a porcentagem de cada um desses fatores não é conhecida (VOIGHT, DRAOVITCH e TIPPETT, 2002).

Apesar dos exercícios pliométricos terem sido inicialmente utilizados no treinamento de atletas para desenvolver força explosiva, a sua utilização na reabilitação vem crescendo muito, com o objetivo de melhorar a reatividade muscular através da facilitação do reflexo miotático e da dessensibilização dos OTGs e melhorar a coordenação intra e extra articular (MYERS e LEPHART, 2000; DESLANDES *et al.* 2003; HOWARD, 2004).

Analisando os efeitos desses exercícios, alguns autores concluem que estes podem ser benéficos na prevenção e reabilitação de lesões, principalmente de atletas (HILLBOM, 2001).

O seu uso na fase avançada da reabilitação de inúmeras lesões em atletas foi citada (MYERS

e LEPHART, 2000). Após algumas semanas de reabilitação para restaurar os tecidos envolvidos na lesão, o paciente é preparado para retornar às atividades regulares de treinamento e ou competição. Essa fase funcional do tratamento é muito importante, porque o programa de reabilitação deve ser gradualmente substituído pelo treinamento esportivo específico, haja visto que este irá expor o atleta às mesmas forças e condições associadas com a lesão inicial.

Prentice e Voight (2003), afirmam que um fuso muscular com nível de sensibilidade baixo possui menor capacidade para superar o estiramento rápido e assim, produz uma resposta menos vigorosa e Deslandes *et al.* (2003) relata que o indivíduo que realiza atividades com ciclo alongar-encurtar, ocorre uma melhor sincronização da atividade muscular e da atividade miotática, portanto, um programa de exercícios pliométricos, aumenta a eficiência neural, corrigindo déficits proprioceptivos e melhorando o desempenho neuromuscular.

Hillbom (2001) sugere que a pliometria pode ser usada ainda como um tipo de reeducação neuromuscular, e é um mecanismo promotor de ajustes posturais e de ativação muscular necessários para proteger articulações na maioria dos esportes, sendo dessa forma, usada na prevenção de lesões em atletas. Em um estudo com base eletromiográfica e plataforma de força realizado por Chimera, Swanik e Straub (2004), mostrou que o treinamento com saltos pliométricos melhorou a ativação da musculatura do quadril, a qual é importante para a estabilização do joelho e conseqüentemente para prevenção de lesões.

Existem relatos na literatura do uso de pliometria em inúmeros tipos de lesões e em diferentes articulações do corpo. Myers e Lephart (2000) acreditam que há uma diminuição da propriocepção articular após uma lesão, principalmente nas instabilidades articulares, e que essa falha proprioceptiva em uma articulação é capaz de alterar o movimento coordenado das outras articulações envolvidas na cadeia cinética. Andrews, Harrelson e Wilk (2000) acreditam que um programa de exercícios pliométricos pode ser bastante útil na reabilitação de atletas que realizam movimentos acima da cabeça, como em arremessadores no tratamento de síndrome do impacto, instabilidade de ombro, lesões do cotovelo e no pós-cirúrgico de lesões do lábio glenoidal. Esses autores defendem ainda, a utilização desses exercícios para lesões do membro inferior, dentre as quais destacam-se tendinopatias, lesões musculares, entorses de tornozelo, lesões de ligamento cruzado anterior, ligamento cruzado posterior e após reparo meniscal.

Conclusão

O treinamento pliométrico repetitivo influencia na resposta reativa muscular, melhorando a sincronização da atividade muscular e da atividade miotática, portanto, um programa de exercícios pliométricos, aumenta a eficiência neural, corrigindo déficits proprioceptivos e aprimorando o controle neuromuscular após uma lesão.

Por esses efeitos, é sabido que a pliometria, além de importante instrumento na reabilitação de lesões, é ainda, efetiva na prevenção destas, pois um bom controle motor atua como um mecanismo protetor capaz de ativar as vias de estabilização reflexas, *feed forward*, ocasionando uma resposta motora mais veloz diante de forças ou traumas inesperados. A pliometria é, portanto, uma forma de se obter força explosiva e melhorar a propriocepção ao mesmo tempo. Esses exercícios, quando supervisionados por profissionais experientes, são muito válidos, pois são a transição entre a reabilitação e o retorno ao treinamento esportivo e são mais prováveis de prevenir do que causar lesões.

Entretanto, é fundamental para o fisioterapeuta do esporte conhecer o conceito e a aplicação clínica da pliometria na prevenção e no tratamento das lesões esportivas, para que possa elaborar um programa de reabilitação seguro e eficiente, que vise reabilitar o atleta em todos os seus aspectos.

Porém, muitos desses benefícios são ainda empíricos, ou seja, são citados na literatura mas com pouca evidência científica. Desta forma, são necessários mais estudos controlados, randomizados e com uma amostra significativa que realmente justifiquem os benefícios da pliometria na reabilitação de atletas, assim como os parâmetros ideais de tratamento.

Referências

ANDREWS, J. R.; HARRELSON, G. L.; WILK, K. E. Reabilitação física nas lesões desportivas. 2ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2000. 504 p.

BISCIOTTI, G.N., VILARDI, N.P.J.; MANFIO, E.F. Lesão traumática e déficit elástico muscular. *Fisioterapia Brasil*, v.3, n.4, p. 242 – 249. Julho/Agosto, 2002.

BOMPA, T.O. Treinamento de potência para o esporte. São Paulo: Phorte, 2004. p.193

CHIMERA, N.J.; SWANIK, K.A.; STRAUB, S.J. Effects of plyometric training on muscle-activation strategies and performance in female athletes. *Journal of Athletic Training*. v.39, n.1, p. 24–31. March, 2004.

DAVIES, G.J. ; ELLENBECKER, T.S.; BRIDELL, D. Powering up. *Plyometrics redefine rehab for overhead*

athlets. Biomechanics, September 2004. Disponível em <www.biomech.com>. Acesso em 25 de Junho de 2005.

DESLANDES, R.; GAIN, H.; HERVÉ, J.M.; HIGNET, R. Principios de fortalecimiento muscular: aplicaciones en el deportista. IN: SIMONNET, J. *Kinesioterapia. Medicina física*. Paris: Elsevier, 2003. p.1 –10.

HILLBOM, M. Plyometric training review of research. Wayne State University, 2001. Disponível em <www.wayne.edu>. Acesso em 30 Jul 2005.

HOWARD, L. Plyometric concepts reinvent lower extremity rehabilitation. *Biomechanics*, sept 2004. Disponível em <www.biomech.com>. Acesso em 25 de Junho de 2005.

KUTZ, M.R. Theoretical and practical issues for plyometric training. *NCA's Performance Training Journal*, v.2, n.2, p10-12, January, 2003.

MOURA, N, A; MOURA, T,F,P. Princípios do treinamento em saltadores: implicações para o desenvolvimento da força muscular. In: I Congresso sul-americano de treinadores de atletismo. Manaus, 2001. Disponível em: <www.mmatletismo.com.br>. Acesso em 15 de Maio de 2005.

MOURA, N.A. Recomendações básicas para a seleção da altura de queda no treinamento pliométrico. *Boletim IAAF. Centro Regional de Desarrollo de Santa Fé. Argentina*, n.12, 1994. Disponível em: <www.mmatletismo.com.br>. Acesso em 15 de Maio de 2005.

MYERS, J.B.; LEPHART, S.M. The role of the sensorimotor system in the athletic shoulder. *Journal of Athletic Training*, v. 35, n.3, p. 351-363. 2000.

NORDIN, M.; FRANKEL, V. H. *Biomecânica básica do sistema musculoesquelético*. 3ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2003.

PRENTICE, W.E.; VOIGHT, M.L. *Técnicas em reabilitação musculoesquelética*. Porto Alegre, Artmed, 2003.

VOIGHT, M.L.; DRAOVITCH, P.; TIPPETT, S. Pliométricos. In: ALBERT, M. *Treinamento excêntrico em esporte e reabilitação*. 2ed. São Paulo: Manole, 2002. p. 63-92.

WILK, K.E.; ARRIGO, C. Current concepts in the rehabilitation of the athletic shoulder. *Journal of orthopaedic and sports physical therapy*, v.18, n.1, p. 365-378, 1993.

WILK, K.E.; VOIGHT, M.L.; KEIRNS, M. A.; GAMBETA, V.; DILLMAN, C.J. Stretch-shortening drills for the upper extremities: Theory and clinical application. *Journal of orthopaedic and sports physical therapy*, v.17, n.5, p.225-239, 1993.