

PLIOMETRIA APLICADA À REABILITAÇÃO DE ATLETAS

The application of plyometrics exercises in athletes rehabilitation

Luciano Pavan Rossi¹

Michelle Brandalize²

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. Esse ciclo refere-se às atividades concêntricas precedidas por uma ação excêntrica, cujo propósito é aumentar a força explosiva do músculo pelo armazenamento de energia elástica na fase de pré-alongamento e sua reutilização durante a contração concêntrica, além da ativação do reflexo miotático. 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, haja vista que eles precisam retornar de forma precoce e segura ao esporte competitivo. 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, tanto dos membros inferiores, quanto dos superiores e também na prevenção de alguns tipos 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 do esporte conhecer o conceito e a aplicação clínica da pliometria na prevenção e no tratamento das lesões esportivas para poder elaborar um programa de tratamento seguro e eficiente.

Palavras-chave: ciclo excêntrico-concêntrico; pliometria; potenciação muscular; reabilitação

Abstract

Plyometrics is known by its ability to increase muscular power and to improve the athletic performance, however, just recently its importance in rehabilitation has been discussed. The plyometrics exercises are defined as those ones that activate the stretch-shortening cycle of the skeletal muscle, stimulating its mechanic, elastic and reflex potentiation. This cycle refers to the concentric activities preceded by an eccentric action, whose purpose is to increase the muscle explosive strength by the storage of elastic energy in the pre-stretching and its use during concentric contraction. The aim of this review article is to describe the mechanic, elastic and neurophysiologic basis of plyometrics, as its importance in athletes rehabilitation because they need to return early and safe to the competitive sport. To write this review, national and international books and articles were used. We could see that these exercises are used at the final phase of rehabilitation of a sort of lesions in the musculoskeletal system, for both upper and lower limbs and even to prevent some kind of lesions, because we believe they are capable to develop explosive strength, increase muscle reactivity and improve the muscle coordination. The conclusion is that it is fundamental for the sport physical therapist to know the concept and clinical application of plyometrics to prevent or treat lesions and to elaborate a safe and efficient treatment program.

Key-words: plyometrics; rehabilitation; stretch-shortening cycle; muscle potentiation

¹ Docente da Universidade Estadual do Centro-Oeste Mestrando em Bioengenharia pela UNIVAP

² Docente da Universidade Estadual do Centro-Oeste. Pós-graduanda em Fisioterapia ortopédica, traumatológica e desportiva pela Faculdade Evangélica do Paraná.

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 ⁽¹⁾.

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 ⁽²⁾.

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 ⁽³⁾. Os treinadores norte-americanos já usavam saltos com bancos o 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 ^(2, 4).

Os exercícios pliométricos são definidos como aqueles que ativam o ciclo excêntrico-concêntrico do músculo esquelético, provocando sua potenciação elástica, mecânica e reflexa ⁽⁵⁾.

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 ⁽⁶⁾. Esses exercícios promovem a estimulação dos proprioceptores corporais para facilitar o aumento do recrutamento muscular numa mínima quantidade de tempo ⁽⁷⁾.

Além da importante contribuição desta técnica para o ganho de potência, de auxílio na melhora do desempenho de controle neuromuscular, porém,

somente há pouco a sua importância na prevenção e reabilitação de lesões está sendo discutida ⁽⁸⁾.

Dessa 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.

Discussão

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 ^(5, 9, 10, 11).

Bases fisiológicas do exercício pliométrico

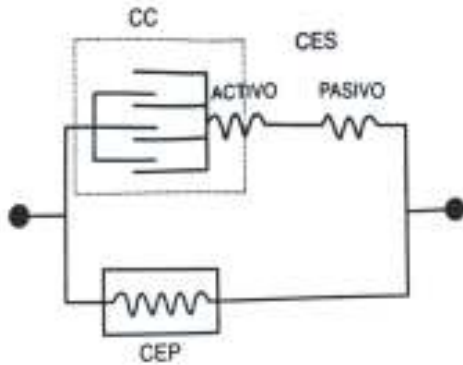
A fisiologia do ciclo alongar-encurtar é baseada na combinação dos reflexos de estiramento muscular e nas propriedades mecânicas e, principalmente, elásticas do sistema musculotendíneo.

Segundo Deslandes *et al.* ⁽⁶⁾, 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.

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⁽¹²⁾.

Figura 1.



Fonte: Deslandes et al., 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⁽⁶⁾. 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⁽⁴⁾. 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⁽¹³⁾.

Foi realizado um estudo no qual comparou-se ações com contra movimento e sem contra movimento em flexores plantares de seis indivíduos do sexo masculino, com o auxílio de uma plataforma de força, eletromiografia e imagens ultrassônicas em tempo real do músculo gastrocnêmio⁽¹⁴⁾.

Esse autor concluiu que, nos exercícios precedidos por estiramento, houve maior força

na fase concêntrica do movimento do que nos puramente concêntricos. Conclui, ainda, que os tendões são os principais responsáveis pelo armazenamento de energia elástica.

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⁽¹⁵⁾. 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⁽¹³⁾. Porém, para que isso 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⁽⁵⁾.

Para provar esses parâmetros, Bosco e Komi *apud* Prentice e Voight⁽⁴⁾, 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. 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⁽⁵⁾, afirmaram acerca da amplitude, velocidade e tempo do pré-alongamento.

Dessa forma, o exercício pliométrico é um meio que pode melhorar a força e potência muscular com recrutamento seletivo de fibras tipo IIb, haja visto que essas fibras respondem melhor ao pré-alongamento de alta velocidade e pequena amplitude^(5,16). Portanto, os atletas de modalidade de força e velocidade, possuem predominantemente, fibras musculares de contração rápida, o que lhes confere uma pré-qualificação importante para o desencadeamento

da potenciação muscular através de exercícios pliométricos⁽¹⁷⁾.

Ainda, dois reflexos são de grande importância na fisiologia do ciclo excêntrico-concêntrico, o reflexo miotático e o reflexo do órgão tendinoso de Golgi, nos quais estão envolvidos respectivamente, os fusos musculares e os órgãos tendinosos de Golgi^(2,4).

Quando um músculo é alongado, as fibras estiram-se, a qual envia informações sensoriais quanto ao comprimento do fuso e à velocidade de estiramento aplicado, ao SNC. Na medula, a informação é processada e impulsos eferentes são devolvidos através dos motoneurônios para as fibras musculares, provocando a contração do músculo agonista, a qual por sua vez alivia a tensão nos fusos⁽¹⁸⁾.

Bompa⁽²⁾ relata que reflexo miotático é muito sensível e é determinado pela velocidade de estiramento, de forma que em um estímulo lento, a resposta motora será muito fraca, ao passo que estímulo feito rápido e bruscamente resultará em uma contração muscular rápida e explosiva, portanto, numa contração concêntrica com pré-estiramento rápido, como na pliometria, há um aumento da ativação neuromuscular e uma melhora do rendimento muscular.

O reflexo miotático é um dos mais rápidos, pois sua latência ou tempo de reação é de cerca de 30 a 40mseg. É através dele que somos capazes de ter uma resposta rápida diante de forças, traumas ou mudanças de direções repentinas, e, portanto, 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⁽⁴⁾. Quando ocorre uma demora nesse tempo de latência ou de reação, há maior possibilidade de o indivíduo sofrer lesões⁽¹⁹⁾.

Esse reflexo pode ainda promover o recrutamento de unidades motoras adicionais, as quais atuam no recuo elástico, contribuindo para um maior armazenamento de energia elástica⁽⁴⁾.

O reflexo do órgão tendinoso de Golgi ocorre quando a tensão muscular aumenta a ponto de colocar em risco a integridade musculotendinosa, nesse momento, o OTG envia sinais à medula espinhal, a qual manda eferências

inibitórias ao músculo contraído, causando seu relaxamento e evitando uma possível lesão³.

Entretanto, existe um mecanismo pelo qual os exercícios pliométricos podem desenvolver força explosiva, que é através da dessensibilização do OTG, pois, como esse receptor é inibidor da tensão muscular, ele limita a produção de força muscular. Com a sua dessensibilização, seu limiar de ativação é elevado, de forma que maior quantidade de força e de carga sobre o sistema musculoesquelético pode ser aplicada⁽⁴⁾.

Segundo Wilk *et al.*⁽⁷⁾, 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 específicos grupos musculares, 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⁽¹⁾.

Utilização da pliometria na reabilitação

Os exercícios pliométricos são usados no treinamento de atletas para desenvolver força explosiva, melhorar a reatividade muscular através da facilitação do reflexo miotático e da dessensibilização dos OTGs e melhorar a coordenação intra e extra articular^(6,10,19). Analisando os efeitos desses exercícios, acredita-se que estes podem ser benéficos na prevenção de lesões e também na reabilitação, principalmente de atletas⁽⁸⁾.

Esses exercícios passaram a fazer parte dos programas de reabilitação há pouco tempo⁽¹⁰⁾. O seu uso na fase avançada da reabilitação de inúmeras lesões em atletas foi citada⁽²⁰⁾. Os exercícios para membros inferiores, como os saltos em profundidade, são mais populares e bem mais descritos na literatura do que os para membros superiores, porém, o uso desses exercícios na reabilitação de atletas que realizam movimentos

acima da cabeça, é cada vez mais comum ⁽⁹⁾.

Após algumas semanas ou meses 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. Essa fase incorpora movimentos de específicos grupos musculares necessários para o melhor rendimento do atleta ⁽²¹⁾. Os exercícios pliométricos recriam o tipo de contração excêntrico-concêntrica vivida durante atividades atléticas e são parte vital da reabilitação do ombro do atleta ⁽¹⁹⁾.

Bisciotti, Vilardi e Manfio ⁽¹³⁾ relataram haver diminuição da capacidade elástica da musculatura, após lesão muscular, demonstrando a importante perda das características elásticas da musculatura extensora de joelho após a lesão e cirurgia de reconstrução de ligamento cruzado anterior, LCA, bem como, afirmaram que o elemento elástico em série possui função protetora das estruturas articulares e periarticulares em caso de brusca e repentina contração muscular, portanto, aqueles atletas que não promovem a potenciação muscular, limitam a estocagem e a restituição da energia elástica, se expõem a riscos maiores de lesão, principalmente traumáticos e na fase excêntrica do movimento.

Prentice e Voight ⁽⁴⁾ 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.* ⁽⁶⁾ 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 ⁽⁸⁾ 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.

De acordo com Hewett, Myer e Ford ⁽²²⁾, o treinamento pliométrico é capaz de reduzir lesões atraumáticas de joelho, principalmente em mulheres. Em um estudo com base eletromiográfica e plataforma de força, Chimera, Swanik e Straub ⁽²³⁾, descobriram 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. Andrews, Harrelson e Wilk ⁽²⁰⁾ acreditam que um programa de exercícios pliométricos pode ser bastante útil na reabilitação de atletas que realizam movimentos acima da cabeça, como os arremessadores e pode ser usados para toda a extremidade superior no tratamento de síndrome do impacto, instabilidade de ombro, lesões do cotovelo e no pós-cirúrgico de lesões do lábio glenoidal. Esses mesmos 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 (LCA), ligamento cruzado posterior (LCP) e após reparo meniscal.

Para o tratamento de lesões do compartimento medial do cotovelo, como lesões do ligamento colateral ulnar, preconiza-se a utilização de exercícios pliométricos preparam a extremidade superior para as atividades de velocidade e força requeridas para o arremesso e soco e devem ser iniciados 3 a 4 semanas antes do retorno aos lançamentos ⁽²⁴⁾.

Myers e Lephart ⁽¹⁹⁾ acreditam que há uma diminuição da propriocepção do ombro após 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.

Exercícios pliométricos

Existe uma grande variedade de exercícios pliométricos, os quais devem ser combinados e

aplicados de acordo com a necessidade de cada esporte, um exemplo é o basquetebol, no qual o atleta deverá realizar tanto exercícios para membros inferiores e superiores, pois esses atletas requerem força de impulsão para o salto e potência para o arremesso. Moura e Moura⁽⁵⁾ afirmam que o atletismo é uma modalidade que abrange um grande espectro de atividades, como corrida, saltos e arremessos e os exercícios pliométricos são fundamentais na reabilitação desses atletas.

A pliometria pode ser aplicada de forma simples, utilizando-se materiais de fácil aquisição, como caixas de madeira, cones, bolas e elásticos⁽¹⁷⁾.

É importante ressaltar a função do aquecimento antes da aplicação dos exercícios pliométricos. O aquecimento pode ser dividido em geral e específico. O primeiro envolve atividades como corrida lenta, seguida de exercícios calestênicos e alongamentos. O segundo engloba atividades repetidas que preconizam os padrões neuromusculares da habilidade esportiva⁽²⁾.

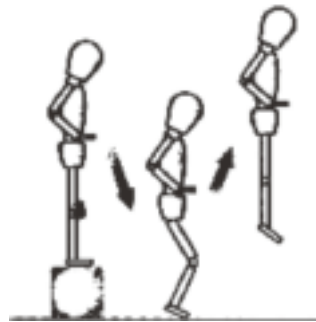
Após o aquecimento, o paciente deve ser exposto a atividades que visam a aprendizagem da técnica. Nessa fase, o terapeuta deverá ensinar pontos importantes, como a aterrissagem correta, respeitando a velocidade exigida pelo exercício e o alinhamento adequado do corpo⁽¹⁰⁾. Exercícios de baixa intensidade ou impacto, como saltos bilaterais no lugar são usados nessa fase.⁽²⁶⁾ Em seguida deve-se aumentar o nível de dificuldade e expor o sistema articular e miotendíneo a uma maior carga através de exercícios de nível moderado e finalmente, o programa evolui até o retorno do atleta ao esporte. A velocidade de progressão depende da gravidade de lesão⁽¹⁰⁾.

Os principais tipos de exercícios para membros inferiores são os saltos no lugar, ou seja, os membros inferiores aterrisam no mesmo lugar de onde saltaram, saltos com mudança de direção, nos quais os membros inferiores aterrisam em um ponto diferente de onde saltaram, que pode ser para o lado, para frente ou na diagonal e saltos em profundidade que utilizam caixas e requerem maior experiência, pois são mais agressivos, exigindo mais das qualidades reativas e de explosão muscular^(2,26).

Nos exercícios para membros superiores são utilizados *medicine balls*, que são bolas de diferentes graduações de peso, elásticas ou *push up* na parede ou solo.

Em seguida, serão mostrados alguns exemplos de exercícios pliométricos.

Figura 2. Salto em profundidade



Fonte: Bompa, 2004.

Figura 3. Arremesso acima da cabeça



Fonte: Bompa, 2004.

Figura 4. Abdominal com medicine ball



Fonte: Bompa, 2004.

Parâmetros para o desenvolvimento do programa de exercícios pliométricos

A especificidade do exercício é um dos principais fatores para se obter um resultado eficaz com os exercícios pliométricos. Os movimentos específicos de cada esporte devem ser analisados pelo fisioterapeuta e um programa de exercícios pliométricos deve seguir as exigências de cada desporto^(2, 4).

Para iniciar a pliometria na reabilitação, a parte do corpo envolvida deverá estar ausente de edema e dor, sem restrições na amplitude de movimento, flexibilidade e medidas de força similares ao membro contralateral, e por isso, esta modalidade de exercício deve ser implantada na fase final da reabilitação⁽¹⁰⁾.

O atleta deve, ainda, ter força muscular e estabilidade articular adequados antes de iniciar esses exercícios⁽¹⁾.

Para elaborar um plano de tratamento usando a pliometria, o fisioterapeuta deve estar ciente das inúmeras variáveis que afetam esses exercícios e dos objetivos que se quer alcançar com cada esporte e com cada indivíduo⁽⁹⁾. As principais variáveis que devem ser estipuladas são: intensidade, volume e frequência, porém outras variáveis, como o sentido do movimento corporal, a carga externa e o repouso, devem ser consideradas⁽⁴⁾.

O aumento da velocidade de execução do exercício aumenta a demanda de treinamento sobre ele, portanto, quando um novo exercício pliométrico é iniciado, deverão ser feitos em velocidade e em um tempo de amortização menores, até que o atleta esteja pronto para progredir⁽²⁵⁾.

Não há consenso quanto ao volume, intensidade e frequência ideais para a reabilitação de atletas, porém é sabido que diferentemente do treinamento esportivo, no qual os exercícios chegam a um nível máximo, os exercícios pliométricos na reabilitação podem chegar a níveis submáximos⁽⁹⁾. As sessões devem ser feitas em dias alternados e os exercícios devem ser progressivos, começando com aqueles mais simples e de baixa intensidade e evoluindo para os mais complexos e de maior intensidade, porém sem alcançar o nível máximo, pois esses serão

realizados após o retorno do atleta ao treinamento esportivo⁽¹⁰⁾.

Andrews, Harrelson e Wilk⁽²⁰⁾ e Wilk *et al.*⁽⁷⁾ orientam a aplicação desses exercícios numa frequência de no máximo 2 a 3 vezes por semana. O tempo de repouso é uma variável muito importante a ser considerada, haja visto que a pliometria pode causar fadiga, que é o resultado do esgotamento de energia contida nos músculos, como o ATP e o fosfato de creatina e também pela produção e acúmulo de ácido láctico⁽²⁾. No momento em que ocorre a fadiga, o controle motor fica deficitário e os efeitos do treinamento se perdem⁽⁴⁾.

Por ser a pliometria um exercício de impacto, que envolve várias articulações, o alinhamento corporal correto deve ser orientado e corrigido pelo fisioterapeuta. O excesso de exercícios sem um período de repouso adequado, assim como a aplicação da pliometria em fase inicial do tratamento são fatores que podem piorar a lesão ou até mesmo causar novas lesões⁽⁶⁾.

Na pliometria, podem ser geradas cargas biomecânicas extremas e o tecido conjuntivo dos pés, tornozelo, quadril e discos intervertebrais amortecem o choque para dissipar o estresse imposto por um salto. As lesões ocorrem quando forças exteriores agem nas articulações, excedendo a integridade estrutural dos músculos, ossos, e tecidos conjuntivos, por isso um programa de treinamento de força deve ser realizado antes do início dos exercícios pliométricos e deve envolver tanto a musculatura dos membros, como os estabilizadores da postura, como os abdominais e extensores da coluna⁽²⁾.

Dentre as lesões mais comuns no treinamento pliométrico encontram-se as tendinopatias e fraturas por estresse^(2, 6).

Para se elaborar um programa de exercícios pliométricos na reabilitação, a natureza da lesão, microtraumática ou macrotraumática não é tão importante, porém o tipo de estresse básico suportado pelo tecido em recuperação sim. Estresses básicos a considerar são carga medial-lateral, carga rotacional e carga de absorção-desaceleração. O tecido capsular e ligamentar do joelho e cotovelo devem proteger contra forças em valgo nessas articulações. O tecido tendinoso e peritendinoso patelar, calcâneo e supraespinal

entre outros, deve fornecer uma desaceleração angular adequada durante contrações excêntricas. Dessa forma, após a lesão, a função do tecido é um fator fundamental a ser considerado de modo que o exercício pliométrico deve fornecer também carga tecidual específica⁽⁴⁾.

De acordo com o mesmo autor, exercícios com carga médio-lateral são ideais para entorses da cápsula medial e lateral, complexo ligamentar do joelho, lesões musculares no abdutor e adutor de quadril e inversores e eversores do tornozelo; a carga rotacional é usada no tratamento de lesões de ligamentos cruzados, menisco e cápsula e a carga de absorção nas lesões musculares, de cartilagem e principalmente, tendões.

É contra-indicado o uso de exercícios pliométricos em pós-operatórios imediatos, presença de inflamação aguda, dor, edema ou derrame articular^(7,8).

Conclusão

As justificativas para a utilização da pliometria na reabilitação de atletas são, várias, pois existem evidências de que o sistema muscular e ligamentar após uma lesão sofrem uma diminuição da sua capacidade elástica. Concomitantemente, danos proprioceptivos são gerados a partir de lesões do sistema musculoesquelético. Desta forma, 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.

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.

A possibilidade de utilizar a pliometria como atividade estimuladora da potenciação muscular, surge como uma alternativa interessante, já que os exercícios dessa natureza podem ser realizados de forma simples e em qualquer ambiente. Porém, existe ainda a necessidade de estudos que definam os parâmetros ideais de tratamento, assim como trabalhos que comprovem objetivamente os benefícios da pliometria na reabilitação.

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 visa reabilitar o atleta em todos os seus aspectos.

Referências

1. VOIGHT, M.L.; DRAOVITCH, P.; TIPPETT, S. Pliométricos. In: ALBERT, M. Treinamento excêntrico em esporte e reabilitação. 2ed. São Paulo: Manole, 2002; 63-92.
2. BOMPA, T.O. Treinamento de potência para o esporte. São Paulo: Phorte, 2004; 193
3. KUTZ, M.R. Theoretical and practical issues for plyometric training. NCA's Performance Training Journal, January, 2003, 2(2): 10-12.
4. PRENTICE, W.E.; VOIGHT, M.L. Técnicas em reabilitação musculoesquelética. Porto Alegre, Artmed, 2003.
5. 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.
6. 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, 2003:1 –10.

7. 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*, 1993, 17(5): 225-39.
8. HILLBOM, M. Plyometric training review of research. Wayne State University, 2001. Disponível em <www.wayne.edu>. Acesso em 30 Jul 2005.
9. DAVIES, G.J. ; ELLENBECKER, T.S.; BRIDELL, D. Powering up. Plyometrics redefine rehab for overhead athletes. *Biomechanics*, September 2004. Disponível em <www.biomech.com>. Acesso em 25 de Junho de 2005.
10. HOWARD, L. Plyometric concepts reinvent lower extremity rehabilitation. *Biomechanics*, sept 2004. Disponível em <www.biomech.com>. Acesso em 25 de Junho de 2005.
11. WILK, K.E.; ARRIGO, C. Current concepts in the rehabilitation of the athletic shoulder. *Journal of orthopaedic and sports physical therapy*, 1993, 18(1)365-78.
12. NORDIN, M.; FRANKEL, V. H. *Biomecânica básica do sistema musculoesquelético*. 3ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2003.
13. BISCOTTI, G.N., VILARDI, N.P.J.; MANFIO, E.F. Lesão traumática e déficit elástico muscular. *Fisioterapia Brasil*, Julho/Agosto, 2002, 3(4): 242-9.
14. KAWAKAMI, Y.; MURAOKA, T. S. ITO, KANEHISA, H.; FUKUNAGA, T. In vivo muscle fibre behaviour during counter-movement exercise in humans reveals a significant role for tendon elasticity. *The Journal of Physiology*, v.540, n.2, p. 635-646, 2002.
15. 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.
16. COHEN, M.; ABDALLA, R. J. *Lesões nos Esportes. Diagnóstico, prevenção e tratamento*. Rio de Janeiro: Revinter, 2003.
17. BATISTA, M. A.B; COUTINHO, J.P.A; BARROSO, R.; TRICOLI, V. Potencialização: a influência da contração muscular prévia no desempenho da força rápida. *R. Bras. Ci. e Mov*, Junho 2003,1(2): 07-12.
18. GUYTON, A.C.; HALL, J.E. *Tratado de fisiologia médica*. 10ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2002. 973.
19. MYERS, J.B.; LEPHART, S.M. The role of the sensorimotor system in the athletic shoulder. *Journal of Athletic Training*. 2000, 35(3): 351-63.
20. ANDREWS, J. R.; HARRELSON, G. L.; WILK, K. E. *Reabilitação física nas lesões desportivas*. 2ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2000.504.
21. FRONTERA, W.R. Exercise and Musculoskeletal Rehabilitation. *The physician and sportsmedicine*, December, 2003, 31(12).
22. HEWETT, T.E.; MYER, G.D.; FORD, K.R. Dynamic balance. Can neuromuscular training prevent ALC injuries? *Biomechanics*, June 2005. Disponível em <www.biomech.com>. Acesso em 09 de Julho de 2005.
23. 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*. March, 2004. 39(1): 24-31.
24. ALTCHER, D. W.; LEVINSON, M. From Stitch To Pitch: Rehab after MCL reconstruction. *Biomechanics*. May, 2001. Disponível em <www.biomech.com>. Acesso em 10 de Julho de 2005.
25. NUTTING, M. Practical progressions for upper plyometric training. *NCA's Performance Training Journal*. April, 2004. 3(2): 14-19.
26. CISSIK, J.M. Plyometrics Fundamentals. *NCA's Performance Training Journal*. April, 2004, 3(2): 9-13.