

**TREINAMENTO PLIOMÉTRICO: MÉTODOS DE AVALIAÇÃO, BENEFÍCIOS
A DIFERENTES MODALIDADES ESPORTIVAS E COMPARAÇÃO COM
OUTROS TIPOS DE TREINAMENTO**

Natália Batista Albuquerque Goulart¹

Amanda Haberland Antunes²

Vanessa Thais Bassan Schmitz¹

Cleiton Silva Correa²

Ronei Silveira Pinto³

Resumo: O treinamento pliométrico tem por objetivo o desenvolvimento da potência muscular através da utilização do ciclo alongamento-encurtamento (CAE), que pode ser avaliado por meio da execução de saltos específicos. Existem diversos fatores morfológicos que influenciam no aproveitamento da energia elástica durante o CAE, como a interação músculo-tendão e o reflexo miotático. Diversas populações podem se beneficiar do treinamento pliométrico, entre as quais os idosos e atletas. O artigo foi elaborado com base na avaliação de diversos trabalhos da literatura que analisaram o treinamento pliométrico, suas adaptações, seus benefícios em diferentes populações e comparações com outros tipos de treinos.

Palavras-chave: Pliometria. Potência muscular. Ciclo alongamento-encurtamento.

Plyometric Training: Methods Of Evaluation, Benefits To Different Sports And Comparison With Other Types Of Training

***Abstract:** The objective of plyometric training is the development of muscle power through the use of stretch shortening cycle (SSC), which can be evaluated by the execution of specific jumps. There are many morphological factors that influence the elastic energy application during SSC actions, such as the muscle-tendon interaction and the myotactical reflex. Different populations can be benefit from plyometric training, including elderly and athletes. This article was elaborated based on the evaluation of several studies in the literature that analyze adaptations and benefits to different population caused by plyometric training and that proceed comparisons with plyometrics and other types of training.*

Keywords: Plyometrics. Muscular Power. Stretch-shortening cycle.

¹ Acadêmicos de Educação Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS. Membro do Laboratório de Pesquisa do Exercício da UFRGS, Porto Alegre.

² Mestrandos do Projeto de Pós-Graduação em Ciências do Movimento Humano da Escola de Educação Física da UFRGS.

³ Professor adjunto do Departamento de Educação Física, Escola de Educação Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS. Doutor em Ciências do Desporto pela Universidade Técnica de Lisboa.

INTRODUÇÃO

A pliometria é uma técnica de treinamento utilizada em diversos esportes com o objetivo de incremento de força rápida, também chamada de força reativa ou potência muscular. A pliometria consiste na utilização do ciclo alongamento-encurtamento (CAE), que é baseado no aproveitamento do potencial elástico acumulado durante ações excêntricas e liberado posteriormente na fase concêntrica sob a forma de energia cinética, aumentando a produção de força com menor custo metabólico. Heglund & Cavagna (1987) descrevem o mecanismo do CAE em duas fases. Primeiramente, a contração excêntrica sobrecarrega os elementos elásticos em série, transferindo a energia da carga para os elementos elásticos, como numa fita que quando segura por ambas as extremidades e em seguida alongada, armazena parte da atividade muscular na forma de energia elástica. Em segundo lugar, quando solta, a estrutura molecular da fita utiliza a energia elástica para retornar ao seu comprimento inicial (ENOKA, 2000). De maneira semelhante, o músculo sofre uma contração concêntrica e a energia elástica armazenada nos componentes elásticos é recuperada, contribuindo para o encurtamento.

O presente estudo foi realizado com o objetivo de fornecer informações para os profissionais de Educação Física quanto à forma de utilização do treinamento pliométrico (ou Pliometria), apresentar as formas de avaliação do CAE, bem como referir brevemente alguns possíveis mecanismos que explicam a produção de força muscular na presença do CAE. Da mesma forma, são apresentadas informações relativas ao treinamento pliométrico em idosos e atletas, na perspectiva de salientar as orientações técnicas a serem seguidas na elaboração deste tipo de treino.

Para a realização desta revisão foram consultadas referências atuais sobre o tema abordado, sendo três livros-texto relacionados à área do treinamento de força e 35 artigos selecionados nas bases de dados Pubmed e Scopus, a partir do ano de 1987. Destes, seis artigos e dois livros-texto foram utilizados na sessão “Instrumentos e Avaliação”, 10 artigos e três livros-texto em “Fatores que influenciam o CAE”, oito artigos em “A produção de força rápida em idosos e a utilização do treino pliométrico”, nove artigos em “Treinamento Pliométrico, modalidades esportivas e prevenção de lesões” e quatro artigos em “O treinamento pliométrico versus outros tipos de treinamento de força”.

Para a busca de artigos relativos ao tema foram utilizadas como palavras-chave: *plyometric training, power training, vertical jump, elderly people, stretch-shortening cycle*, dos quais foram selecionados os 35 artigos utilizados nesta revisão.

Instrumentos De Avaliação Do CAE

A utilização da energia potencial elástica pode ser avaliada por meio de testes específicos de saltos verticais com técnicas distintas para sua execução. Os três saltos mais utilizados são o *squat jump* (SJ), o *counter-movement jump* (CMJ) e o *drop jump* (DJ). No SJ, o executante assume uma posição estática com os joelhos flexionados em torno de 90°, mãos na cintura e pés paralelos. Partindo dessa posição, é realizado um movimento ascendente com o objetivo de saltar o mais alto possível. No CMJ, também chamado de salto com contra movimento, o executante realiza uma fase excêntrica, com flexão acentuada dos joelhos, antes de saltar. Por último, o DJ, também chamado de salto em profundidade, é realizado partindo de uma posição mais elevada, como em uma plataforma, em que o indivíduo salta, realiza uma fase excêntrica na aterrissagem no solo e a seguir executa um novo salto de maneira mais rápida, com curta duração da fase de contato do pé com o solo (BOSCO, LUHTANEN & KOMI, 1983; SCHMIDTBLEICHER, 1992). Dessa forma, no SJ o salto é realizado a partir de uma contração concêntrica, enquanto que no CMJ e DJ há o aproveitamento da energia elástica em função da ação excêntrica que precede a ação muscular concêntrica (MARKOVIC, 2007).

É importante salientar que a utilização do movimento dos braços durante a execução dos saltos deve ser evitada se o objetivo do teste é avaliar somente potência de membros inferiores, visto que Gerodimos *et al.* (2008) mostraram que o movimento dos braços pode incrementar a altura saltada de 16 a 20%, tanto em crianças como em adolescentes e adultos. O incremento promovido pelo movimento dos braços pode ser explicado por um aumento da velocidade vertical do centro de massa na impulsão (FELTNER, FRASCHETTI & CRISP, 1999; HARA *et al.*, 2006) e pelo fato de que, nos últimos dois terços da fase propulsiva do salto, esse movimento contribui para o aumento do torque dos músculos extensores de quadril através da desaceleração da taxa de extensão do tronco e da colocação dos músculos extensores de quadril em condições concêntricas mais lentas, que favorecem a maior produção de força e, conseqüentemente, de maiores torques resultantes (FELTNER, FRASCHETTI & CRISP, 1999).

Além disso, por meio da avaliação dos diferentes tipos de saltos, é possível calcular a razão entre os escores do CMJ, DJ e SJ, auxiliando a identificar que tipo de força específica (máxima ou explosiva) deve ser focado na planificação de treinamento, por exemplo. Quando a razão CMJ/SJ ou DJ/SJ for maior que um, significa que deve ser incrementado o treino de força máxima. Porém, se a razão for menor que um, é necessário

ênfatisar o treinamento de força explosiva ou pliométrico (SCHMIDTBLEICHER, 1992).

Durante a execução dos diferentes tipos de salto pode-se evidenciar a presença de dois tipos de CAE, ou seja, de curta ou de longa duração. Considerando a velocidade de transição da fase excêntrica para a concêntrica, pode-se definir que no CMJ há a presença do CAE de longa duração, também chamado de CAE lento e no DJ um CAE de curta duração, também chamado de CAE rápido (BOSCO, LUHTANEN & KOMI, 1983). Sendo assim, existem diferenças biomecânicas importantes entre o CMJ e o DJ, principalmente na amplitude de movimento exigida no salto, bem como no tempo de contato com o solo. Dessa forma, o conhecimento sobre o aproveitamento da energia elástica em determinados tipos de salto é fundamental no planejamento de treino, sobretudo para a definição do salto a ser executado (MARKOVIC, 2007).

Além das diferentes técnicas de salto, é importante considerar a variação da altura no desempenho do DJ, uma vez que o tempo de vôo e a força de reação no momento de contato com o solo também variam, alterando o comportamento do músculo e dos tecidos elásticos associados (GULICK *et al.* 2008). Ishikawa, Niemela & Komi (2005) encontraram diferenças na interação músculo-tendão do gastrocnêmio medial e do vasto lateral em três diferentes profundidades do DJ, mostrando que o aproveitamento da energia elástica (efeito de catapulta) pode ser limitado pela intensidade da queda, uma vez que quanto maior altura do salto, menor é a capacidade de reabsorção elástica dos tecidos envolvidos na ação motora.

Dessa forma, o conhecimento das diferentes técnicas de salto, bem como sobre o comportamento muscular e dos tecidos elásticos associados durante a execução do DJ em alturas distintas torna-se importante tanto para o desempenho do salto quanto na planificação do treino de pliometria.

Fatores Que Influenciam No CAE

A utilização da energia elástica no CAE é afetada pelas variáveis: tempo, amplitude de alongamento e velocidade de alongamento (ENOKA, 2000). Assim, para que o CAE seja devidamente aproveitado, é necessário que a passagem da fase excêntrica para concêntrica seja feita de forma rápida, de modo que a energia potencial elástica seja convertida em energia cinética e não se dissipe na forma de calor (HEGLUND & CAVAGNA, 1987). Da mesma forma, quando a duração da fase excêntrica é muito

grande, uma menor quantidade de energia elástica é armazenada, diminuindo a transferência de energia para a fase concêntrica.

Toumi *et al.* (2004) compararam os efeitos da duração da fase excêntrica no desempenho do salto vertical. Um grupo realizou o treino pliométrico na velocidade de $0,4 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ para fase excêntrica (TG1); o segundo grupo realizou o treinamento na velocidade de $0,2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ (TG2) e o grupo controle não realizou nenhum treinamento durante as oito semanas de treino. Os resultados mostraram que ambos os grupos treinados aumentaram potência muscular, velocidade de salto e atividade elétrica no SJ e no CMJ. Para o TG1, houve uma diminuição na fase de transição, aumentando o desempenho no CMJ em comparação ao TG2. De acordo com os autores, a realização de uma fase excêntrica rápida tende a minimizar a interferência de fatores inibitórios provenientes dos órgãos tendinosos de Golgi (OTG) e contribui para magnitude de ativação dos fusos musculares.

Assim, os fusos musculares e os OTGs interferem na ação do CAE, devido à importância do reflexo miotático e do reflexo miotático inverso, respectivamente. A grande relevância funcional do reflexo miotático para o aumento da produção de força durante o CAE deve-se à eficiência do sistema reflexo após um potente estiramento do músculo ativo e pelo incremento linear da tensão (KOMI, 2006).

Além dos fusos musculares e dos OTGs, existem outras estruturas que desempenham um papel importante no CAE, como os tendões, a interação músculo-tendão (quanto ao grau de deformação e rigidez) e também a estrutura muscular, principalmente em relação à organização e função dos componentes elásticos e contráteis.

Utilizando a ultrassonografia, Kubo, Kawakami & Fukunaga (1999) investigaram a influência das propriedades elásticas do tendão patelar na *performance* do salto vertical, com e sem contra-movimento, em homens saudáveis divididos em dois grupos: tendão rígido e tendão complacente. Os resultados mostraram uma importante contribuição dos componentes elásticos do tendão no desempenho do CMJ, sem influência no SJ. Um dado interessante foi o de que não houve diferença significativa na altura do salto entre os grupos rígidos e complacentes, uma vez que a massa e a força muscular dos sujeitos foram semelhantes. Entretanto, foi verificada uma maior duração da fase excêntrica para o grupo complacente em comparação ao rígido no CMJ, sugerindo que mesmo sem ter encontrado diferenças na altura entre os dois saltos, as propriedades elásticas do tendão podem influenciar no desempenho do CAE.

Stafilidis & Arampatzis (2006) encontraram um tendão patelar mais complacente

em velocistas enquanto que Kubo *et al.* (2000) verificaram menor complacência desse tendão em corredores de longa distância. As duas modalidades utilizam o CAE; entretanto, por questões de ordem morfológica - como tipo de fibras e arquitetura muscular (comprimento de fascículo, ângulo de penação e espessura muscular) - e por questões de especificidade de treinamento, ocorrem adaptações diferentes nesses atletas.

A literatura tem mostrado que tanto a complacência quanto a rigidez das estruturas passivas e ativas são importantes no CAE, devendo haver um balanço entre as duas variáveis para melhor aproveitamento da energia elástica e transmissão de força entre músculo e osso.

Já no que diz respeito ao comportamento do comprimento do fascículo, podem ocorrer condições em que alguns músculos demonstram um comportamento diferente na fase excêntrica em relação a mudanças em seu comprimento.

Ishikawa, Niemela & Komi (2005) avaliaram a interação músculo-tendão na aterrissagem do salto em três diferentes alturas do DJ (baixa, ótima e alta) dos músculos Vasto Lateral (VL) e Gastrocnêmio Medial (GM) no momento de contato com o solo. Os resultados mostraram que os fascículos do GM continuaram se encurtando ou permaneceram no mesmo comprimento durante a fase de contato nas alturas baixa e ótima, enquanto os fascículos do VL se alongaram. Para a maior altura, houve um alongamento maior do GM e do tendão calcâneo em relação ao VL e tendão patelar. De acordo com os autores, o menor tempo de alongamento, além de favorecer a utilização da energia elástica, pode ser diferente entre músculos monoarticulares e biarticulares. Este resultado para a maior altura pode estar associado ao incremento da força de impacto sobre a articulação do tornozelo e também à maior ativação dos OTGs, uma vez que houve uma diminuição da altura do salto na maior queda. Este dado reforça a idéia de que existe um comprimento ótimo de alongamento para que a energia elástica possa ser devidamente aproveitada na fase concêntrica.

Ainda nesta perspectiva, não somente o tendão, mas também a estrutura muscular desempenha papel importante na utilização do CAE. Hill (1938) citado por Turner e Jeffreis (2010) sugere que a força muscular é influenciada por componentes organizados em série, como as pontes cruzadas, as proteínas estruturais e os tendões. Assim, tem sido sugerido que o alongamento que precede uma contração concêntrica altera as propriedades do material contrátil relacionado à interação entre as pontes cruzadas, bem como está relacionado à maior tensão gerada por cada fibra muscular, levando a uma maior produção

de força na fase concêntrica. Em relação às proteínas que compõem o material contrátil muscular, estudos recentes têm investigado o papel da proteína titina na geração de força passiva (LEE, JOUMAA & HERZOG, 2007). Essa proteína, presente nas linhas Z dos sarcômeros, apresenta isoformas com sítios de ligação específicos para o cálcio (JOUMAA *et al.*, 2008). Tem sido demonstrado que o aumento da concentração de cálcio no sarcoplasma durante a contração muscular ativa os sítios de ligação na titina, aumentando a rigidez dessa proteína e favorecendo a transferência de energia durante a fase concêntrica. Porém, a literatura sugere que o papel da titina no CAE é relativamente novo e ainda requer mais estudos (BOSCO, LUHTANEN & KOMI, 1983).

Existem técnicas invasivas e equações de regressão para mensurar o comportamento individual estimado do tendão e dos fascículos musculares durante ações pliométricas, bem como para avaliar a especificidade de suas propriedades elásticas e contráteis. Entretanto, ainda não é possível quantificar a participação de cada componente que influencia no CAE, devendo ser considerado, portanto, uma ação conjunta entre reflexos, tendões e músculos (KOMI, 2006). Porém, torna-se importante o conhecimento das diferenças no comportamento de cada um desses componentes durante o CAE, bem como suas características estruturais, principalmente no que diz respeito à aplicação de treinos pliométricos em diferentes populações, como idosos e atletas.

A Produção De Força Rápida Em Idosos E A Utilização Do Treino Pliométrico

A capacidade de produção de força muscular é influenciada por dois fatores fundamentais: a morfologia do tecido (ângulo de penação, área de secção transversa fisiológica, comprimento e tipo de fibra (principalmente as do tipo II) e as propriedades de ativação neuromuscular. No indivíduo idoso, é evidenciado um decréscimo da capacidade de ativação das unidades motoras, bem como alterações nas propriedades estruturais do músculo, principalmente em decorrência da sarcopenia (HAKKINEN *et al.*, 1998). Entretanto, quando indivíduos idosos são submetidos a um treinamento de força, esses efeitos deletérios do envelhecimento parecem ser contrabalançados, sugerindo que grande parte dos mecanismos relacionados à perda de massa muscular são decorrentes do sedentarismo (HAKKINEN *et al.*, 1998; IZQUIERDO *et al.*, 2001).

Em relação à intensidade do treinamento, Caserotti, Aagaard & Puggaard (2008b) não encontraram diferenças significativas entre o desempenho no SJ e CMJ após 36 semanas de treinamento que envolveram exercícios de força, aeróbico, flexibilidade e

coordenação. Este fato pode ser explicado pela baixa intensidade e falta de especificidade do treinamento, uma vez que não foram realizados exercícios de força explosiva. Porém, um dos dados mais relevantes foi a perda significativa de desempenho do grupo controle no pós-teste (7 – 9%), mostrando, novamente, a perda rápida de força em idosos sedentários.

A literatura tem demonstrado benefícios na realização de treinos pliométricos com a população idosa, principalmente em relação a melhorias na ativação e resposta muscular. Dessa forma, tem sido defendida a aplicação de treinos de força explosiva com cargas que maximizem a potência muscular, considerando que parece haver uma perda mais expressiva na capacidade de produção de força explosiva do que na força isométrica em indivíduos idosos.

Caserotti *et al.* (2008a) verificaram aumentos na força explosiva dos extensores de joelho de idosos entre os 60 e acima dos 80 anos, após 12 semanas de treino de força explosiva, 2x/semana, com uma carga de 70 – 80% de 1RM. Dessa forma, foi demonstrado que uma frequência baixa de treinamento com cargas adequadas foi capaz de melhorar a capacidade de produção de força explosiva em idosos. Outro dado interessante do estudo foi que os indivíduos acima dos 80 anos demonstraram um incremento maior na potência muscular em comparação aos indivíduos na faixa dos 60 anos, reforçando a idéia da ocorrência de maiores perdas de força com o avançar da idade e a maior treinabilidade dos idosos mais velhos.

Em relação às perdas de força entre homens e mulheres, parece que indivíduos do sexo feminino podem apresentar maiores perdas de força explosiva para os membros inferiores, podendo esta estar relacionada à menor massa muscular, reforçando a idéia de maior risco de queda em mulheres idosas sedentárias (LAROCHE *et al.* 2008).

Laroche *et al.* (2007) investigaram a influência dos padrões de atividade física no tempo de reação de 40 mulheres idosas, divididas em um grupo de alta e baixa atividade, determinado por meio de um questionário. Os resultados mostraram que idosas com um histórico de vida ativo possuem uma maior capacidade de recrutar unidades motoras em situações que exigem uma rápida resposta muscular, sugerindo que a inatividade física pode ser um fator determinante no decréscimo da função muscular durante o envelhecimento.

Em outro estudo, Laroche *et al.* (2009) compararam o tempo de reação e ativação da musculatura do tornozelo e joelho entre mulheres idosas com maior e menor risco de

queda. Os resultados mostraram uma menor resposta muscular e tempo de reação mais lento nos flexores plantares e dorsais do grupo com maior risco de queda. De acordo com os autores, os músculos do tornozelo são fundamentais na manutenção do equilíbrio após uma perturbação da postura, sendo exigidos também durante a marcha. A falta de força, principalmente dos dorsiflexores, pode diminuir a capacidade dos idosos de desviarem de obstáculos e aumentar a frequência de tropeços. Além disso, a menor rigidez tendínea, que prejudica a transferência de força para o músculo, a diminuição da liberação de cálcio pelo retículo sarcoplasmático e fatores extrínsecos como depressão, falta de sono, artrite e hipertensão, podem aumentar o risco de quedas em mulheres idosas.

Na comparação entre os sexos, Caserotti *et al.* (2001) avaliaram possíveis diferenças em fatores determinantes da potência muscular durante as fases concêntrica e excêntrica do CMJ em indivíduos idosos. Os autores observaram que os homens apresentaram um maior pico de potência muscular na fase concêntrica em comparação às mulheres e, também, que as idosas apresentaram uma menor eficiência no final da fase concêntrica dos saltos do que os idosos, o que foi demonstrado pela razão reduzida entre a velocidade no momento da perda de contato do pé com o solo e a máxima velocidade concêntrica, resultando em uma menor altura atingida pelas mulheres. De acordo com os autores, essa menor velocidade obtida pelas mulheres, que parece demonstrar um reduzido desempenho na mecânica muscular durante contrações concêntricas intensas que envolvem movimentos rápidos, seria o fator responsável pelo maior tempo necessário para readquirir o equilíbrio após sua perda, o que também poderia explicar o maior índice de quedas sofridas em relação aos homens idosos.

Dessa forma, o treino pliométrico parece ser efetivo no aumento da potência muscular em idosos, principalmente por minimizar as consequências resultantes dos efeitos deletérios do envelhecimento, como a perda de força, a diminuição da ativação/resposta neuromuscular em decorrência da sarcopenia e a deservação de fibras musculares rápidas, que são as principais causas de quedas em idosos.

Treinamento Pliométrico, Modalidades Esportivas E Prevenção De Lesões

Existem diversos fatores que podem afetar os efeitos do treinamento pliométrico, como o desenho do programa, as características dos indivíduos, a familiaridade com a pliometria, a duração do programa e o volume/intensidade dos treinos (MARKOVIC, 2007). De acordo com a forma como estes fatores são combinados, diferentes respostas são

obtidas. No estudo de Saéz-Saez de Villareal *et al.* (2009) foi realizada uma meta-análise de 56 estudos que utilizaram o treinamento pliométrico e foi observado que este tipo de treinamento resulta em incrementos de mais de 7% na altura do salto vertical, sendo que os atletas com mais experiência esportiva alcançam maiores benefícios do que os atletas com menos experiência. Foi também observado que há uma melhora no uso do CAE, com menor gasto energético e maior potência. Ainda, foi constatado que não são obtidos ganhos maiores quando o treinamento pliométrico é associado a outros tipos de treinamento, como resistência de força, treino aeróbico ou flexibilidade, assim como a adição de peso nos exercícios também não traz maiores incrementos para a altura do salto vertical. Analisando os aspectos agudos dos treinos, os autores observaram que 10 semanas de treinamento resultam em maiores ganhos do que durações mais curtas, e que mais de 20 sessões e mais de 50 saltos por sessão representam o volume que resulta em maiores benefícios.

Já o estudo de Bencke *et al.* (2002) realizou comparações entre diversos parâmetros fisiológicos relacionados ao desempenho de crianças de diferentes esportes (handebol, ginástica, tênis e natação). Entre os parâmetros analisados, os autores verificaram a *performance* em diferentes saltos (SJ, CMJ e DJ) e observaram que os ginastas (meninas e meninos) possuem um melhor desempenho muscular explosivo, obtendo valores mais altos nos saltos SJ e CMJ e melhores razões tempo de vôo/tempo de contato com o solo no salto DJ do que os atletas das outras modalidades. Ainda, foram observadas diferenças entre os meninos elite e não-elite em todas as modalidades, excetuando-se o tênis, para os saltos SJ e/ou CMJ. Os autores dizem que uma possível explicação para essas diferenças está na seleção prévia de atletas para o grupo elite com a melhor composição de tipos de fibras musculares, embora o treino também possa influenciar no desempenho dos saltos. Quando analisada a potência anaeróbia, os autores constataram que ela está altamente relacionada ao tamanho corporal, pois, quando os valores foram normalizados pela massa corporal, somente as atletas infantis de elite do handebol apresentaram diferenças significativas com relação a um desempenho melhor do que as atletas infantis de elite da natação no teste de *Wingate*. De acordo com os autores, esses resultados indicam que as atletas infantis do handebol estariam mais bem treinadas para *sprints* e conseguiriam utilizar mais ATP e CP em tiros curtos de corrida do que as atletas infantis da natação.

Além das modalidades já citadas, existem outras que também podem se beneficiar do treinamento pliométrico, como a corrida. Spurrs *et al.* (2003) analisaram, entre outras variáveis, a economia de corrida, o CMJ e a rigidez músculo-tendínea do tríceps sural de

corredores de longa distância antes e após um treinamento pliométrico realizado durante seis semanas, duas a três vezes por semana. Os autores observaram melhoras no CMJ, na economia de corrida e aumento da rigidez músculo-tendínea. Existe uma correlação entre a rigidez do membro inferior e o desempenho em corrida, segundo estes autores. Eles explicam que a melhora na rigidez provavelmente levou a um aumento da força reativa de maneira a reduzir o custo energético da corrida, que possui uma atividade intensa do CAE.

O treinamento pliométrico pode ser aplicado a diferentes modalidades esportivas que utilizem o CAE, desde que o treino seja elaborado levando em consideração o volume, a intensidade, a frequência, o sistema energético utilizado, a posição em que o atleta atua e os potenciais tipos de lesões do esporte em questão (SAÉZ-SAEZ de VILLAREAL *et al.*, 2009; ZIV & LIDOR, 2009). Em situações reais de jogo, como em uma partida de basquete ou vôlei, por exemplo, em que os atletas precisam saltar muitas vezes, sempre mais alto que os jogadores adversários, seja para defender ou atacar, é importante que sua capacidade de utilização do CAE esteja bem desenvolvida e que suas articulações estejam adequadamente preparadas. Alguns estudos avaliaram o benefício da pliometria na prevenção de lesão do ligamento cruzado anterior (LCA), cuja expectativa de ocorrência, de acordo com Hewett *et al.* (1999) é de 2200 rupturas a cada ano em atletas universitárias. Sendo assim, para evitar que as equipes fiquem desfalcadas durante uma temporada, ou mesmo que as atletas acabem desistindo da prática desportiva, alguns autores (MYER *et al.*, 2005; CHAPPELL *et al.*, 2008) sugerem alguns tipos de treinamento neuromuscular para a prevenção desse tipo de lesão, a partir da redução de alguns fatores de risco que podem contribuir para a incidência de lesão do LCA. Myer *et al.* (2005), analisando jogadores do ensino médio das modalidades de basquete, futebol e vôlei, propõem que um treinamento englobando exercícios de pliometria, fortalecimento dos músculos estabilizadores do corpo (região abdominal e lombar), equilíbrio, resistência e velocidade intervalada realizados durante 90 minutos, três vezes por semana, durante seis semanas, é eficiente para aumentar a amplitude de movimento do joelho no DJ sem que o tempo de contato com o solo seja aumentado. Os autores também observaram um decréscimo dos torques valgo e varo nos joelhos para o mesmo salto, aumentando a estabilidade lateral desta articulação.

Na mesma linha, mas avaliando outras variáveis, Chappell & Limpisvasti (2008) analisaram jogadoras de futebol e basquete universitárias, que realizaram um treinamento durante 10 a 15 minutos, seis dias por semana, durante seis semanas. As atletas realizaram

exercícios de fortalecimento dos músculos estabilizadores do corpo, de estabilidade dinâmica das articulações e equilíbrio, exercícios de saltos e pliometria. Foi utilizado o programa de exercícios *Kerlan-Jobe Orthopaedic Clinic Modified Neuromuscular Training Program*. Após o treinamento, os autores observaram que, no DJ, houve um aumento do ângulo de flexão do joelho no momento do contato do pé com o solo e também no ângulo máximo de flexão durante as fases de amortecimento e impulsão, mas não houve diferença na amplitude de flexão do quadril. Não foi observada diferença nos valores das forças de reação vertical do solo e nem do tempo de contato com a plataforma de força para ambos os saltos avaliados no estudo. Com relação ao desempenho das atletas, houve aumento na altura dos saltos verticais e redução do tempo necessário para completar um trajeto de 6,1 metros saltando somente com um pé.

De acordo com Wilkerson *et al.* (2004), o treinamento pliométrico pode levar ao aumento da razão I/Q (razão entre os torques musculares dos músculos ísquiotibiais e quadríceps femoral) e pode ser uma alternativa para a redução da incidência de lesão do LCA em mulheres atletas. O estudo deste autor constatou que um treinamento pliométrico de seis semanas, associado a outros exercícios isotônicos de fortalecimento muscular, foi eficiente para aumentar o pico de torque dos músculos ísquiotibiais, o que levou a um aumento da razão I/Q, visto que não foi observada diferença significativa no pico de torque da musculatura do quadríceps, tanto a $60^{\circ}.s^{-1}$ como a $300^{\circ}.s^{-1}$, embora nesta última velocidade, a diferença entre os valores pré e pós-treino não tenha sido significativa.

Percebe-se, pelos estudos analisados, que o treinamento pliométrico é bastante eficiente em promover melhorias no desempenho de atletas de diversas modalidades esportivas, além de ser uma ferramenta para prevenção e redução do risco de lesão nos ligamentos da articulação do joelho. Entretanto, deve-se ressaltar que cada modalidade desportiva possui suas próprias características, o que torna necessário que exercícios pliométricos específicos sejam aplicados, de maneira a tornar as condições do treinamento bastante similares à competição para a obtenção de ganhos desporto-específicos (SAÉZ-SAEZ de VILLAREAL *et al.*, 2009).

O Treinamento Pliométrico Versus Outros Tipos De Treinamento De Força

Quando são analisados estudos que avaliaram o treinamento pliométrico comparado ao treinamento isométrico, percebe-se que o treinamento isométrico pode ser capaz de proporcionar benefícios similares aos do treinamento pliométrico. O estudo de Burgess *et*

al. (2007) buscou determinar os efeitos e diferenças na forma como esse dois tipos de treino podem interferir na rigidez do tendão do músculo gastrocnêmio medial e, assim, comparar as possíveis mudanças na resposta muscular. Nesse estudo, a rigidez do tendão foi medida *in vivo* através da ultrassonografia durante as contrações isométricas. Já as variáveis mecânicas foram medidas através de uma célula de carga durante esforços concêntricos e isométricos. O grupo submetido ao treinamento pliométrico apresentou um incremento de 29,4% (de $49,0 \pm 10,8$ para $63,4 \pm 9,2 \text{ N}\cdot\text{mm}^{-1}$) na rigidez músculo-tendão enquanto o grupo submetido ao treinamento isométrico apresentou 61,6% (de $43,9 \pm 2,5$ para $70,94 \text{ N}\cdot\text{mm}^{-1}$, $p < 0,05$). O aumento na taxa de produção de força e na altura do salto se apresentou similar em ambos os tipos de treinamento. De acordo com este estudo, devido ao risco de lesão a que o treinamento pliométrico submete o atleta, os autores sugerem que o treino isométrico proporciona benefícios similares sem o eminente risco de lesão e impacto causado pelo treinamento pliométrico.

O treinamento de resistência convencional e o treinamento pliométrico constituem duas diferentes estratégias para melhorar a produção de força máxima e a capacidade contrátil muscular. Nesse sentido, Vissing *et al.* (2008) realizaram um estudo com o objetivo de comparar possíveis alterações na força muscular, potência e morfologia induzidas por esses dois tipos de treinamento em igual tempo e esforço em indivíduos sem história prévia de treinamento de força ou envolvimento em atividades esportivas que utilizam o CAE. O estudo foi realizado em jovens do sexo masculino, submetidos ao treinamento progressivo de resistência convencional ou ao treino pliométrico durante 12 semanas. De acordo com o estudo foi possível observar que ganhos de força máxima foram semelhantes nos dois tipos de treinamento, enquanto ganhos na potência foram maiores no treino pliométrico. Faigenbaum *et al.* (2007) sugerem a combinação do treinamento pliométrico ao treinamento de força tradicional, acreditando que este tipo de treino possa ser realmente sinérgico, tendo maiores efeitos com o programa combinado do que cada programa realizado de forma isolada.

Alguns estudos indicam que a corrida de velocidade também pode ser utilizada efetivamente como um método de treinamento para melhorar a potência de membros inferiores e o desempenho atlético dinâmico. Marcovic *et al.* (2007) realizaram um treinamento com três grupos, sendo que um era submetido ao treinamento pliométrico, outro ao *sprint* e um terceiro era grupo controle. O estudo foi realizado com estudantes de educação física durante 10 semanas, três vezes por semana. Os resultados mostraram uma

melhora significativa no desempenho do DJ, SJ e CMJ e na distância do salto para os dois grupos de treinamento. Além disso, o grupo do *sprint* mostrou uma melhora importante na força isométrica de agachamento, melhora no desempenho e agilidade na corrida. O estudo demonstra, portanto, que o treinamento de *sprint* produz resultados similares ao treinamento pliométrico convencional, tanto na função muscular quanto no desempenho do atleta, mostrando ainda melhoras em outras variáveis importantes para o mesmo. Dessa forma, pode-se concluir que poderia ser interessante, por exemplo, aliar este dois tipos de treinamento e organizá-los dentro de um macrociclo de treino de corrida.

CONCLUSÃO

Pela análise realizada, pode-se perceber que o treinamento pliométrico traz benefícios a diferentes populações, como idosos e atletas, além de prevenir lesões ligamentares. Diversos fatores podem afetar as adaptações ao treinamento, como a frequência de treino, a quantidade de saltos por sessão, a intensidade dos treinos, entre outros. Além disso, quando comparado a outros tipos de treinamento, a maioria dos estudos demonstra que o treinamento pliométrico parece apresentar resultados semelhantes aos outros tipos de treinos, com exceção da variável potência, que parece ser mais bem desenvolvida com pliometria, como pode ser visto na melhora do tempo de reação muscular em idosos. Sendo assim, uma alternativa interessante e benéfica seria colocar tanto o treinamento pliométrico quanto outros tipos de treinamento em um mesmo macrociclo.

Ainda, com base nos artigos utilizados nesta revisão, parece possível afirmar que um programa adequado de treinamento para atletas deve ser realizado numa frequência de duas a três vezes por semana e com uma intensidade acima de 50 saltos por sessão (não ultrapassando 200 saltos), sendo os saltos sempre realizados com a máxima potência possível. Já ao ser aplicado em idosos, o treino deve ser adaptado às limitações destes indivíduos, como por exemplo, escolher o tipo certo de salto a ser aplicado em função dos impactos nas articulações. Para a população idosa, aconselha-se ainda que o treino pliométrico seja precedido por uma fase de condicionamento em que a força e a resistência muscular, bem como a técnica e a confiança sejam enfatizadas. Esta fase deve durar no mínimo duas semanas. Parece, então, que um programa adequado de treino pliométrico para a população idosa deva ocorrer com uma frequência de duas a três vezes por semana,

com uma a três séries de cada exercício e com um intervalo grande no início do treinamento (esse intervalo deve ser reduzido à medida que o idoso se adapta ao treino). Cabe ainda salientar que o salto DJ e também cargas máximas devem ser evitadas no treinamento destes indivíduos.

Sendo assim, acredita-se que o treino pliométrico possa ser aplicado às mais variadas populações desde que o profissional responsável esteja capacitado e familiarizado com este tipo de treinamento.

REFERÊNCIAS

- BENCKE, J. *et al.* Anaerobic power and muscle strength characteristics of 11 year old elite and non-elite boys and girls from gymnastics, team handball, tennis and swimming. **Scand. J. Med. Sci. Sports**, Copenhagen, v.12, n.3, p. 171-178, jun./2002.
- BOSCO, C.; LUHTANEN, P.; KOMI, P.V. A simple method for measurement of mechanical power in jumping. **Eur. J. Appl. Physiol.**, Heidelberg, v.50, n.2, p. 273-282, jan./1983.
- BURGUESS, K. E. *et al.* Plyometric versus isometric training influences on tendon properties and muscle output. **J. Strength Cond. Res.** Filadélfia, v.21, n.3, p. 986-989, ago./2007.
- CASEROTTI, P. *et al.* Contraction-specific differences in maximal muscle power during stretch-shortening cycle movements in elderly males and females. **Eur. J. Appl. Physiol.**, Heidelberg, v.84, n.3, p. 206-212, mar./2001.
- CASEROTTI, P. *et al.* Explosive heavy-resistance training in old and very old adults: changes in rapid muscle force, strength and power. **Scand. J. Med. Sci. Sports**, Copenhagen, v.18, n.6, p. 773-782, dez./2008.
- CASEROTTI, P.; AAGAARD, P.; PUGGAARD, L. Changes in power and force generation during coupled eccentric-concentric versus concentric muscle contraction with training and aging. **Eur. J. Appl. Physiol.**, Heidelberg, v.103, n.1, p. 151-161, mai./2008.
- CHAPPELL, J.D.; LIMPISVASTI, O. Effect of a neuromuscular training program on the kinetics and kinematics of jumping tasks. **Am. J. Sports Med.**, Thousand Oaks, v.36, n.6, p. 1081-1086, jun./2008.
- ENOKA, R.M. **Bases neuromecânicas da cinesiologia**. 2. ed. São Paulo: Manole, 2000.
- FAIGENBAUM, A. D. *et al.* Effects of a short-term plyometric and resistance training program on fitness performance in boys age 12 to 15 years. **J. Sport Sci. Med.**, Bursa, v.6, n.4, p. 519-525, dez./2007.
- FELTNER, M.E.; FRASCHETTI, D.J.; CRISP, R.J. Upper extremity augmentation of lower extremity kinetics during countermovement vertical jumps. **J. Sports Sci.**, Inglaterra, v.17, n.6, p.449-466, jun./1999.

GERODIMOS, V. *et al.* The contribution of stretch-shortening cycle and arm-swing to vertical jumping performance in children, adolescents, and adult basketball players. **Ped. Exerc. Sci.**, Springfield, v.20, n. 4, p. 379-389, nov./2008.

GULICK, D. T. *et al.* Parameters that influence vertical jump. Disponível em: <<http://www.thesportjournal.org/article/parameters-influence-vertical-jump-height>>. Acesso em: 10 nov. 2010.

HAKKINEN, K. *et al.* Changes in agonista-antagonist EMG, muscle CSA, and force during strength training in middle-aged and older people. **J. Appl. Physiol.**, Bethesda, v.84, n.4, p. 1341-1349, abr./1998.

HARA, M. *et al.* The effect of arm swing on lower extremities in vertical jumping. **J. Biomech.**, Durham, v.39, n. 13, p. 2503-2511, set./2006.

HEGLUND, N.C; CAVAGNA, G.A. Mechanical work, oxygen consumption, and efficiency in isolated frog and rat muscle. **Am. J. Physiol. Cell Physiol.**, Bethesda v.253, n.1, p. C22-C29, jul./1987.

HEWETT, T.E. *et al.* The effect of neuromuscular training on the incidence of knee injury in female athletes: a prospective study. **Am. J. Sports Med.**, Thousand Oaks, v.27, n.6, p. 699-706, nov./1999.

ISHIKAWA, M.; NIEMELA, E.; KOMI, P.V. Interaction between fascicle and tendinous tissues in short-contact stretch-shortening cycle with varying eccentric intensities. **J. Appl. Physiol.**, Bethesda, v.99, n.1, p. 217-223, jul./2005.

IZQUIERDO, M. *et al.* Effects of strength training on muscle power and serum hormones in middle-aged and older men. **J. Appl. Physiol.**, Bethesda, v.90, n.4, p. 1497-1507, abr./2001.

JOUMAA, V. *et al.* The origin of passive force enhancement in skeletal muscle. **Am. J. Physiol. Cell Physiol.**, Bethesda, v.294, n.1, p. C74-C78, jan./2008.

KOMI, P. V. **Força e potência no esporte**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2006.

KUBO, K.; KAWAKAMI, Y.; FUKUNAGA, T. Influence of elastic properties of tendon structures on jump performance in humans. **J. Appl. Physiol.**, Bethesda, v.87, n.6, p. 2090-2096, dez./1999.

KUBO, K. *et al.* Elastic properties of muscle-tendon complex in long-distance runners. **Eur. J. Appl. Physiol.**, Heidelberg, v.81, n.3, p. 181-187, jan./2000.

LAROCHE, D. *et al.* Explosive force and fractionated reaction time in elderly low-and high-active women. **Med. Sci. Sports Exerc.**, Indianapolis, v.39, n.9, p. 1659-1665, set./2007.

LAROCHE, D. *et al.* Rapid torque development in older female fallers and nonfallers: A comparison across lower-extremity muscles. **J. Electromyogr. Kinesiol.**, Amsterdam, v.20, n.3, p. 482-488, jun./2010.

- LEE, E.J.; JOUMAA, V.; HERZOG, W. New insights into passive force enhancement in skeletal muscles. **J Biomech.**, Durham, v.40, n.4, p. 719-727, nov./2007.
- MARKOVIC, G. Does plyometric training improve vertical jump height? A meta-analytical review. **Br. J. Sports Med.**, Londres, v.41, n.1, p. 349-355, jun./2007.
- MARKOVIC, G. *et al.* Effects of sprint and plyometric training on muscle function and athletic performance. **J. Strength Cond. Res.**, Filadélfia, v.21, n.1, p. 543-549, fev./2007.
- MYER, G.D. *et al.* Neuromuscular training improves performance and lower-extremity biomechanics in female athletes. **J. Strength Cond. Res.**, Filadélfia, v.19, n.1, p. 51-60, fev./2005.
- SAÉZ-SAEZ DE VILLARREAL, E. KELLIS, E.; KRAEMER, W.J.; IZQUIERDO, M. Determining variables of plyometric training for improving vertical jump height performance: a meta-analysis. **J. Strength Cond. Res.**, Filadélfia, v.23, n.2, p. 495-506, mar./2009.
- SCHMIDTBLEICHER, D., Training for power events. In: **Strength and Power in Sport**. Blackwell Scientific Pub. Boston. 1992.
- SPURRS, R.W.; MURPHY, A.J.; WATSFORD, M.L. The effect of plyometric training on distance running performance. **Eur. J. Appl. Physiol.**, Heidelberg, v.89, n.1, p. 1-7, mar./2003.
- STAFILIDIS, S.; ARAMPATZIS, A. Muscle-tendon mechanical and morphological properties and sprint performance. **J. Sports Sci.**, Inglaterra, v.25, n.9, p. 1035-1046, set./2007.
- TOUMI, H.; *et al.* Effects of eccentric phase velocity of plyometric training on the vertical jump. **Int. J. Sports Med.**, Nova Iorque, v.25, n.5, p. 391-398, jul./ 2004.
- TURNER, A.N.; JEFFREYS, I. The stretch-shortening cycle: proposed mechanisms and methods for enhancement. **Strength Cond. J.**, Jacksonville, v.32, n.4, 87-99, ago./2010.
- VISSING, K. *et al.* Muscle adaptations to plyometric vs. Resistance training in untrained Young men. **J. Strength Cond. Res.**, Filadélfia, v.22, n.6, p. 1799-1810, nov./2008.
- WILKERSON, G.B. *et al.* Neuromuscular changes in female collegiate athletes resulting from a plyometric jump-training program. **J. Athletic Training**, Columbus, v.39, n.1, p. 17-23, jan./fev. 2004.
- ZIV, G.; LIDOR, R. Vertical jump in female and male basketball players – a review of observational and experimental studies. **J. Sci. Med. Sport.**, Austrália, v.13, n.3, p. 332-339, mai./2010.

Contatos dos Autores:

Laboratório de Pesquisa do
Exercício, Rua Felizardo, 750.
Jardim Botânico. CEP 90690-200,
Porto Alegre, RS, Brasil.

E-mail:
nataliagoulart.edf@hotmail.com

Telefone: (51) 3308-5859.

Data de Submissão:

11/08/2010

Data de Aprovação:

10/01/2011