

O TREINAMENTO PLIOMÉTRICO: UMA REVISÃO

**Andrea Maculano Esteves¹, Marco Túlio de Melo¹,
Daniel Alves Cavagnolli¹, Adalberto Souza²**

¹ Universidade Federal de São Paulo – UNIFESP

Rua Sena Madureira, 1500 - São Paulo - SP

daniel_cavagnolli@cepebr.org

² Hospital do Servidor Público de São Paulo - IAMSPE

Resumo

A Atividade Física é de grande importância na vida dos seres humanos, já que quando bem orientada e utilizada pode tornar-se um hábito de vida saudável contribuindo para uma maior expectativa de vida. Para a realização de qualquer movimento, há a necessidade da aplicação de uma força. O treinamento de força é uma forma muito utilizada para se obter o condicionamento físico e pode ser estruturado de acordo com os objetivos e necessidades de cada indivíduo. Dentro do mundo esportivo, cada modalidade possui suas manifestações particulares de força. Esportes com características explosivas, como o voleibol, basquetebol, handebol, se utilizam muito da força rápida específica de saltos. Isso ocorre devido aos inúmeros saltos decorrentes das ações específicas desses esportes. Pensando nisso, a melhor opção para o desenvolvimento desse tipo de capacidade física é o treinamento pliométrico. O treinamento pliométrico foi desenvolvido e difundido pelo mundo através de estudos da extinta URSS, tendo como princípio o impacto das quedas e sua ação nos órgãos (fuso muscular e órgão tendinoso de Golgi) e a expansão dos componentes elásticos dos músculos para o aumento do salto subsequente. Apesar de ser a característica marcante de alguns esportes, o treinamento pliométrico, ao longo dos anos, foi utilizado para modalidades com características aeróbias, como auxiliar na performance de esportes de velocidade e até com o intuito de aumentar a densidade mineral óssea de pessoas fisicamente ativas.

Palavras-chaves: força motora, treinamento pliométrico, fuso muscular, órgão tendinoso de Golgi, componentes elásticos em série.

Abstract: Physical Activity is of great importance in the life of human beings, as well as targeted and used can become a habit of healthy life contributing to greater life expectancy. To perform any movement, is necessary to apply force. Strength training is a common method used in order to obtain physical fitness and it can be planned according to the individual needs. In the sports world each sport has different needs of power. In sports with explosive characteristics, such as, volleyball, basketball an handball, are used power jumps series training due to the numerous jumps that happens during the games. The plyometric training is the best way to develop the explosive force. Plyometric training is was developed and spread throughout the world through the researches in URSS. These researches were based on falls impact principle, in the effects in organ proprioceptors (Muscle Spindle and Golgi Tendon Organ) and the expansion of the elastic components of the muscles to improve the performance in subsequent jumps. Despite being important characteristics of some sports plyometric training is applied for a long time in aerobic sports, to improve speed and to increase bone mineral density in individuals physically active.

Keywords: Motor Force, Plyometric Training, Muscle Spindle, Golgi Tendon Organ, Elastic components.

1. A Força para Saltar

O salto é uma ação básica para várias modalidades esportivas e pode possibilitar a obtenção de importantes vantagens nas ações ofensivas e defensivas (Rodacki et al., 1997; Barbanti & Ugrinowitsch, 1998). A força de saltos ou força rápida específica de saltos é a capacidade de superar o peso corporal e/ou a força da gravidade no intuito de alcançar a maior altura ou distância possível (Barbanti, 1996, 1997).

Até hoje, o treinamento pliométrico desenvolvido na antiga e extinta URSS e difundido pelo mundo a partir dos estudos de Popou (1967) e Verkoshanski (1968) (Dantas, 2003) é a forma mais utilizada para desenvolver esse tipo de capacidade (Barbanti, 1996). Também conhecido como treinamento de elasticidade, treinamento reativo, treinamento excêntrico, ou por sua sub-categoria como treinamento de saltos em profundidade (Weineck, 1999), o treinamento pliométrico tem sua eficiência comprovada e utiliza a ação sistematizada de saltar relacionada a velocidade de contração e a coordenação específica desse movimento.

Em 1984, a seleção norte-americana de voleibol, em sua programação de treinamentos, realizava o treinamento pliométrico que variava de aproximadamente 200 a 400 saltos por sessão. No início do treinamento os atletas saltavam em média 83,57 cm. Ao final do programa de treinamento saltavam, em média, 93,63 cm (McGown et al., 1990). Os resultados práticos puderam ser vistos nas Olimpíadas de 1984, em Los Angeles, Estados Unidos, onde o treinamento pliométrico pode ter tido grande influência na conquista da medalha de ouro pela equipe norte-americana de voleibol.

Na pliométrie utiliza-se o reflexo de estiramento, o reflexo tendinoso e o momento de expansão dos componentes elásticos dos músculos (Barbanti, 1996, 1997; Weineck, 1999).

Com a fase de amortecimento (fase excêntrica ou negativa) os músculos envolvidos no movimento do salto se estiram, distendem (Barbanti, 1996, 1997; Barbanti & Ugrinowitsch, 1998; Weineck, 1999). A partir desse estiramento um receptor nervoso sensorial no músculo é estimulado e transmite os impulsos através da fibra muscular nervosa sensorial para a medula espinhal. Os fusos neuromuscu-

lares são responsáveis pela detecção do grau de alongamento músculo-tendinoso e desempenham sua função formando uma sinapse diretamente com um neurônio-motor no corno anterior da substância cinzenta da medula. Esse neurônio-motor, por sua vez, tem a função de transmitir impulsos de retorno ao músculo. A partir de um determinado limiar de estiramento, desencadeiam uma ação muscular reflexa, concêntrica ou isométrica, como forma de proteção da estrutura a um alongamento excessivo e rápido, potencializando a contração muscular (Barbanti, 1997; Barbanti & Ugrinowitsch, 1998; Weineck, 1999; Mcardle, Katch & Katch, 2003).

Além das alterações observadas no fuso neuromuscular, é observada uma alteração na resposta de relaxamento dos órgãos tendinosos de Golgi (Weineck, 1999). Esses proprioceptores estão localizados nos tendões dos músculos e tem a capacidade de controlar a magnitude das contrações através do envio de estímulos inibitórios, que fazem com que o músculo, ou músculos responsáveis pela ação motora relaxem antes que a contração se torne prejudicial as outras estruturas corporais (Guyton & Hall, 1996, Barbanti & Ugrinowitsch, 1998). Com o devido treinamento os tendões dos músculos se adaptam, aumentando sua força. O aumento de força dos tendões diminui o feedback negativo desses órgãos e conseqüentemente, os músculos aumentam se potencial para a contração.

Juntando-se a isso, na fase negativa do salto ocorre a expansão dos componentes elásticos dos músculos. Essa expansão causa acúmulo de parte da energia mecânica gerada pelos elementos elásticos em série. Esse armazenamento de energia, posteriormente, na fase positiva do movimento, é transformada em energia cinética e quando há uma passagem rápida da fase excêntrica para a concêntrica os músculos podem utilizar esta energia aumentando a geração de força no salto (fase concêntrica) com um menor custo metabólico, impulsionando o corpo para cima e/ou para frente. Conseqüentemente, pode ocorrer um aumento na eficácia e altura ou distância final do salto (Barbanti & Ugrinowitsch, 1998; Weineck, 1999; Verkoshansky, 2001). No entanto, se a passagem de uma fase para outra for lenta, a energia potencial elástica será dissipada na forma de calor, não se convertendo em energia cinética (Barbanti & Ugrinowitsch, 1998; Verkoshansky, 2001).

Com o treinamento pliométrico visa-se o aumento da força rápida específica de saltos a partir do aumento do recrutamento das unidades motoras e da correta utilização do potencial elástico dos músculos. Nele objetiva-se rápido ganho de força em função da alta intensidade das cargas sem aumento da massa muscular ou aumento da massa corporal total (Weineck, 1999).

2. Pesquisas Envolvendo o Treinamento Pliométrico

Diversos estudos envolvendo o treinamento pliométrico foram desenvolvidos ao longo dos anos. Nesses, vários objetivos foram propostos no intuito de criar métodos de treinamento eficientes para os diferentes esportes onde os saltos são importantes.

Hakkinen (1993) acompanhou 17 jogadoras de voleibol por 1 macrociclo de treinamento. O objetivo do estudo foi avaliar as alterações decorrentes do treinamento específico desta modalidade (preparação física, técnica e tática das jogadoras). As variáveis analisadas foram: squat jump (salto vertical partindo da posição agachado), countermovement jump (salto com contra-movimento), salto de bloqueio, salto de ataque, força máxima isométrica dos extensores do joelho, tempo de produção de força, arremesso de medicineball, VO₂máx., resistência de saltos em teste de 30 segundos.

Durante o 1º período competitivo todos os saltos tiveram aumento significativo em suas medidas, enquanto a força explosiva de membros superiores, a força isométrica dos extensores do joelho e o VO₂máx. permaneceram inalterados. Durante o 2º período competitivo, todas as variáveis analisadas tiveram decréscimo significativo, com exceção do VO₂máx. que ainda permaneceu inalterado. Segundo o autor, esse decréscimo poderia ter ocorrido porque na metade do 2º período foi excluído das sessões de treinamento o treino de força máxima. No entanto, os testes para análise da evolução do treinamento só foram realizados no início e no final desse período podendo sugerir ainda que a performance das atletas estaria diminuída em razão de um possível overtraining.

Para Barbanti e Ugrinowitsch (1998) em revisão sobre o tema, para que os objetivos sejam atingidos o treinamento pliométrico deve obedecer alguns princípios:

- Os exercícios de salto devem ser realizados logo após um aquecimento intenso, pois exigem grande coordenação intramuscular e ativação do sistema neuromuscular;
- Os exercícios de salto nunca devem ser realizados em dias posteriores a sessões de treino com cargas elevadas, acarretando em grande grau de fadiga e diminuição da velocidade de execução dos exercícios. Isso alteraria o padrão coordenativo do movimento e diminuiria a eficiência da utilização dos componentes elásticos dos músculos durante o salto;
- As séries devem ser intensas (máximas), mantendo o padrão de ativação das unidades motoras próximo aos esportes;
- Somente o sistema anaeróbio alático deve ser utilizado, por isso as séries devem ser curtas compostas por quatro a oito saltos;
- O intervalo de descanso deve contemplar a completa restauração das reservas de ATP-CP.

O não cumprimento desses princípios poderia incorrer em fadiga precoce. O quadro de fadiga pode provocar aumento na transição da fase excêntrica para a concêntrica do movimento, dando mais tempo ao indivíduo para gerar a força não específica que é necessária para realizar um salto com a mesma elevação do centro de gravidade. Mesmo compensando a potência perdida, a energia potencial elástica que foi acumulada é perdida na forma de calor e o efeito de treinamento é diminuído pela não solicitação dos componentes específicos do salto. Além disso, o quadro de fadiga faz com que o indivíduo também perca parte da capacidade de amortecer o impacto da queda, acarretando em maior sobrecarga do aparelho articular por perda da qualidade do controle do movimento (Barbanti & Ugrinowitsch, 1998).

Em outro estudo com jogadores de voleibol, Newton, Kraemer e Hakkinen (1999) compararam dois protocolos de treino no intuito de saber qual programa era mais eficiente. Participaram desse estudo 16 atletas altamente treinados na modalidade. Todos completaram

o período de preparação básica, composto por elementos técnicos e táticos combinado com um programa de treinamento de resistência. Após o período básico, foram engajados aleatoriamente em 2 grupos. O grupo 1 realizou 8 semanas de treinamento pliométrico com saltos partindo da posição de meio agachamento (joelhos flexionados formando um ângulo de 90°). O grupo 2 realizou exercícios de agachamento e leg press com a carga máxima para 6-RMs. Testes de impulsão vertical parado e com aproximação foram realizados em plataforma de força antes e após o treinamento de saltos. Foram feitas mensurações de força, velocidade e potência produzida pelos saltos. Os resultados apontaram para aumentos significativos na altura dos saltos do grupo experimental de $5,95 \pm 3,1\%$ e $6,3\% \pm 5,1\%$ para squat jump e salto com aproximação, enquanto o grupo controle não obteve aumentos significativos.

Buscando alternativas de treinamento para atletas de alto nível, Matalavulj et al. (2001) compararam a altura da queda na performance do salto vertical em atletas da categoria júnior de basquetebol. Três grupos foram formados: Grupo 1 (controle) realizou somente meio período de treino com atividades técnicas e táticas. Grupo 2 (experimental) realizou saltos com queda de 50 centímetros (cm) de altura. Grupo 3 (experimental) realizou saltos com queda de 100 cm de altura. A altura máxima de salto vertical a partir do countermovement jump, a força voluntária máxima e a razão de desenvolvimento de força dos extensores do quadril e dos joelhos foram avaliadas antes e após o treino.

Aumentos de 4,8 e 4,6 cm foram encontrados na altura do salto nas quedas de 50 e 100 cm, respectivamente. A força dos extensores do quadril e a razão de desenvolvimento de força dos extensores dos joelhos foram significativamente maiores após o treinamento nos grupos experimentais em relação ao período anterior ao treinamento e em relação ao grupo controle. Não foram observadas diferenças significativas entre os dois grupos experimentais. Em conclusão pode-se dizer que o aumento na altura do salto é parcialmente explicada pelo aumento da força dos extensores do quadril e da razão de desenvolvimento de força dos extensores dos joelhos.

Apesar do salto ser um fundamento básico de esportes como o voleibol, basquetebol e futebol, o treinamento pliométrico também foi proposto para esportes que não

possuem essa característica. Para muitos esportes onde a velocidade inicial tem grande importância quanto a velocidade máxima, o treinamento pliométrico pode auxiliar no aumento da performance.

A partir disso, Cronin e Hansen (2005) em estudo realizado com jogadores de rugby profissional tentaram encontrar uma relação entre a força máxima e potência com a velocidade do 1º passo (velocidade de saída para o movimento), velocidade de aceleração e velocidade máxima nesse esporte. Testes de 3-RMs, squat jump, countermovement jump e drop jumps (salto em profundidade), mensurações dos picos de torque e razão de torque do quadríceps e isquiotibiais a 60 graus por segundo ($^{\circ} \cdot s$) e $300^{\circ} \cdot s$ e sprints de 5, 10 e 30 metros foram realizados. Os resultados sugerem que em esportes com características explosivas, o aumento da potência por Kg de massa corporal e o treinamento pliométrico podem aumentar a velocidade de jogadores de nível profissional.

Esportes com características aeróbias também podem ser beneficiados com o treinamento pliométrico, entretanto, o mecanismo responsável pela melhora continua não esclarecido.

Pensando nisso, Spurrs, Murphy e Watsford (2003) examinaram se as alterações na performance da corrida tinham relação com o treinamento pliométrico. Dezesete homens treinados participaram do estudo e realizaram testes de força máxima isométrica, 5 saltos múltiplos em distância, countermovement jump, economia de corrida, VO_2 máx., limiar de lactato, e tempo nos 3000 metros. Os voluntários foram aleatoriamente divididos em 2 grupos: Grupo 1 (experimental) realizou 6 semanas de treinamento pliométrico em conjunto com sua rotina normal de treinos de corrida; e Grupo 2 (controle) realizou apenas a rotina normal de treino para corrida. O grupo experimental melhorou significativamente a performance nos 3000 metros (2,7%), a economia de corrida, a altura do countermovement jump, a distância final dos 5 saltos múltiplos e a flexibilidade musculotendinosa. Não ocorreram alterações significativas no VO_2 máx. e no limiar de lactato desse grupo. Já para o grupo controle, não ocorreram alterações significativas para as variáveis mensuradas. Segundo os autores, uma possível explicação seria a melhora na flexibilidade musculotendinosa e a economia de corrida.

Os mesmos princípios do treinamento pliométrico com saltos também pode ser aplicados aos membros superiores.

Com isso, Swanik et al. (2002) realizou um experimento com 24 nadadoras de elite por 6 semanas com o objetivo de melhorar a propriocepção, cinestesia e as características de seleção muscular dos músculos rotadores internos do ombro. O treinamento consistia em 3 séries de 15 repetições com medicineball e elásticos resistidos, 2 vezes por semana. As variáveis analisadas foram a propriocepção e a cinestesia dos rotadores internos e externos do ombro a 0° e 75° de rotação e a 90% da rotação externa máxima de cada sujeito. A força desses movimentos foi avaliada em dinamômetro isocinético a 60°.s, 240°.s e 450°.s. Os testes foram aplicados antes e após o programa de treinamento e demonstraram aumento significativo na propriocepção a 0° no movimento de rotação externa e 75°.s e 90% da rotação máxima em ambos os movimentos, mostrando aumentos significativos na cinestesia para todas as variáveis analisadas. Ocorreram também, ganhos significativos no pico de torque a 60°.s e 240°.s e o tempo de amortização a 450°.s. Segundo Swanik et al. (2002) esse estudo sugere que o treinamento pliométrico pode facilitar as adaptações neurais, incluindo a propriocepção, a cinestesia e a performance muscular.

Em outro estudo envolvendo o treinamento pliométrico para membros superiores Brandenburg (2005) objetivou determinar se a força explosiva de membros superiores pode ser aumentada quando os testes são precedidos por protocolos de exercícios dinâmicos. Oito sujeitos fisicamente ativos foram submetidos a 3 sessões que consistiam em 5 repetições no supino usando 100%, 75% e 50% de 5-RMs. Uma quarta sessão serviu de controle para as 3 situações anteriores onde não aconteciam exercícios prévios. As sessões foram realizadas em dias diferentes e a ordem das cargas era sorteada. As médias de potência foram determinadas e comparadas com a sessão controle. Os resultados apontam para melhoras na força explosiva quando o teste é realizado após exercícios dinâmicos com as diferentes cargas. Não ocorreram diferenças significativas em as 3 sobrecargas que precederam os testes, indicando que o aquecimento realizado previamente a sessão de treino de força explosiva pode auxiliar no desempenho

posterior aumentando a intensidade do treinamento pliométrico subsequente (Brandenburg, 2005).

Schulte-Edelmann et al. (2005) examinaram a efetividade de um programa de treinamento pliométrico na produção de potência dos músculos posteriores dos ombros e extensores e flexores dos cotovelos. Vinte e oito voluntários adultos (5 homens e 23 mulheres) foram divididos aleatoriamente dentro de 1 grupo controle e 1 grupo experimental. Antes e após o experimento foram realizados testes de força em dinamômetro isocinético e teste de estabilidade em exercício de cadeia fechada para membros superiores. O grupo treinado apresentou aumentos significativos apenas na potência produzida pelos músculos extensores dos cotovelos (tríceps). O grupo controle não apresentou diferenças significativas no decorrer do estudo.

Em outro estudo com pessoas fisicamente ativas, Wilson, Murphy e Giorgi (1996) submeteram 41 homens a dois protocolos de treinamento no intuito de saber qual era mais efetivo para o aumento das forças excêntrica e concêntrica. Um dos grupos realizou treinamento de força máxima em aparelhos de musculação, enquanto o outro realizou exercícios pliométricos. Ambos os grupos treinaram por um período de 8 semanas. Os seguintes testes foram realizados: salto vertical, testes isoinerciais de força concêntrica e excêntrica e testes de força máxima no supino e agachamento. Seus resultados apontaram para um aumento significativo na força excêntrica de membros inferiores maior nos exercícios pliométricos. Em contrapartida, os exercícios de força máxima foram significativamente mais efetivos que os exercícios pliométricos para o aumento da força concêntrica. Em conclusão, os resultados encontrados podem ser atribuídos ao estresse específico que causa adaptações também específicas para os diferentes tipos de treinamento.

Em 2004, Toumi et al. compararam os efeitos do treinamento pliométrico com contrações lentas e rápidas na performance do salto vertical de 30 voluntários do sexo masculino, com idades entre 19 e 22 anos. Nesse experimento, os autores dividiram os voluntários em 3 grupos: no grupo 1 (n=12) os sujeitos partiam da posição agachado, com os joelhos flexionados a 90° com velocidade controlada a 0,4 metros por segundo (m/s). O grupo 2 (n=12) realizou o mesmo procedimento, mas com velocidade de 0,2 m/s. O

grupo 3 (n=6) serviu de controle para o experimento. O treinamento consistia na realização de um exercício de salto vertical, com 6 séries de 10 repetições a 70% da força máxima isométrica, 4 vezes por semana, por um período de 8 semanas. A carga foi ajustada a cada duas semanas de acordo com um novo teste realizado. Além do teste de força isométrica que foi realizado a cada duas semanas, foram realizados testes de salto vertical (squat jump e countermovement jump), verificação da atividade eletromiográfica de superfície dos músculos envolvidos na ação e o tempo do salto dividido em 3 fases: fase excêntrica, fase de transição e fase concêntrica. Essas mensurações foram realizadas antes e após o período de treino.

Ocorreram aumentos significativos na força de extensão das pernas, velocidade final do salto e atividade eletromiográfica nos testes de salto para os 2 grupos experimentais. O grupo 1 mostrou melhoras significativas no teste com contra movimento e na velocidade da fase de transição em relação ao grupo 2. Com os resultados os autores concluíram que a performance no salto vertical depende da velocidade da contração muscular e que os melhores resultados são alcançados quando o treinamento é realizado em velocidades máximas.

O efeito agudo do treinamento pliométrico foi estudado por Masamoto et al. (2003). Nesse estudo foram submetidos ao treinamento 12 homens fisicamente ativos, com idade de $20,5 \pm 1,4$. Nele foi avaliado o efeito do treinamento de saltos no 1-RM do agachamento. Foram realizadas 3 sessões de testes separadas por 6 dias de descanso. Na primeira sessão os voluntários realizaram aquecimento prévio em cicloergômetro por 5 minutos e depois realizavam 5 séries submáximas de 1 a 8 repetições antes do teste de 1-RM. O intervalo entre as tentativas para 1-RM era de 4 minutos. Na segunda e terceira sessões de teste foram utilizados 3 saltos verticais e 2 saltos em profundidade. A média do 1-RM das sessões foi de $139,6 \pm 29,3$ Kg, $140,5 \pm 25,6$ Kg e $144,5 \pm 30,2$ Kg, respectivamente para sessão controle, sessão com saltos verticais e sessão com saltos m profundidade.

Diferenças significativas foram encontradas entre a sessão controle e a sessão com saltos em profundidade sugerindo que a realização de saltos antes da sessão de teste de 1-RM pode aumentar a performance desse teste.

Ford et al. (1983) realizou um estudo com 50 indivíduos adultos distribuídos em 3 programas de treino combinado. No primeiro programa, os voluntários realizavam luta livre, softball e treinamento pliométrico. O segundo programa consistia somente no treinamento resistido. O terceiro programa combinava o treinamento resistido e o treinamento pliométrico. Nos testes de corrida de 40 jardas, salto vertical e arremesso de medicineball, todos os grupos aumentaram significativamente a performance quando comparados com seu resultado pré-treino. No shuttle run, nenhum grupo conseguiu melhoras significativas. No teste de salto vertical, todos os programas foram efetivos, quando comparados com a performance pré-treino. Nenhuma diferença significativa foi encontrada na comparação dos grupos.

No treinamento pliométrico convencional utiliza-se contrações excêntricas prévias intensas (salto em profundidade) para a maximização do salto, aumentando o nível de lesão muscular após as sessões de treino também são muito intensas. Na tentativa de encontrar formas alternativas de treino que promova adaptações positivas e diminuam o nível de lesão muscular protocolos de investigação com saltos foram realizados na água (Robinson et al., 2004; Martel et al., 2005).

No estudo de Robinson et al. (2004), 32 mulheres adultas foram divididas aleatoriamente em 2 grupos. O treinamento foi o mesmo para ambos os grupos com exceção do terreno de aterrissagem. O grupo 1 realizava o treinamento tradicional em quadra e o grupo 2 realizava o treinamento na água. A potência gerada pelo salto, torque, velocidade e o nível de lesão muscular foram analisados em testes realizados antes, após 4 semanas de treinamento e ao final do programa. O nível de lesão muscular foi avaliado através de palpação e escala de percepção de dor 96

horas após o término das sessões na 1^a, 3^a e 6^a semana de treino. Os resultados apontaram para aumentos significativos em cada mensuração na altura do salto (pré-treinamento < 4 semanas < pós-treinamento, $p \leq 0,001$). O nível de lesão muscular foi significativamente maior no grupo que treinou na quadra em comparação ao grupo que treinou na água em todas as mensurações. Segundo os autores, os resultados demonstram o mesmo aumento da performance nos dois tipos de superfície de aterrissagem, no entanto, o nível de lesão muscular das quedas na água são significativamente menores que os saltos realizados em piso de quadra. Esses resultados poderiam ser explicados pela maior força necessária a ser aplicada na fase concêntrica e menor impacto na aterrissagem, respectivamente.

Martel et al. (2005) separaram aleatoriamente 19 jogadoras de voleibol com idades entre 15 e 16 anos em 2 grupos para 6 semanas de treinamento. O grupo 1 (experimental) além de realizar as sessões técnicas e táticas e o período de preparação básica da modalidade, realizou o treinamento pliométrico na água. O grupo 2 (controle) realizou as sessões técnicas e táticas, o período de preparação básica e ao invés dos saltos, faziam exercícios de flexibilidade. Testes de força de membros inferiores foram realizados antes e após o período de treinamento e testes de salto vertical foram realizados antes, após 2, 4 e 6 semanas. Similares aumentos foram observados no salto vertical em ambos os grupos (experimental = 3,1%, controle 4,9%) até a 4^a semana de treinamento. Entretanto, houve um aumento adicional no grupo experimental de 8% da 4^a para a 6^a semana enquanto no grupo controle ocorreu uma redução não significativa de 0,9%. Os testes de força também mostraram aumentos significativos no pico de torque concêntrico durante a extensão e flexão de joelhos a 60° e 180°. Em conclusão os autores afirmam que o treinamento pliométrico na água pode ser uma interessante alternativa para a rotina de treinamento pois este permite aumentos significativos na performance e produzem níveis reduzidos de lesão muscular quando comparados com o treinamento convencional em pisos duros.

Nessa mesma linha de pensamento, Lees, Vanrenterghem e De Clercq (2004) compararam o efeito de séries de saltos máximos com o efeito de séries de saltos submáximos (saltos baixos e máximos). Vinte homens

adultos foram divididos aleatoriamente em 2 grupos. A participação das articulações dos joelhos, quadril e tornozelos foram analisadas através da atividade eletromiográfica dos músculos que envolvem essas articulações, juntamente com a mensuração de força, altura de salto, torque, potência e trabalho realizado. O trabalho realizado pela articulação dos tornozelos em saltos baixos, altos e máximos foi de 1,80, 1,97 e 2,06, respectivamente, a força foi de 3,596. Na articulação dos joelhos as medidas foram de 1,62, 1,77, 1,94 para saltos baixos, altos e máximos, respectivamente. A força produzida pelos joelhos foi de 1,492. O trabalho da articulação do quadril foi de 1,03 (salto baixo), 1,84 (salto alto) e 3,24 (salto máximo) e a força produzida foi de 110,143. Todas as unidades de medida são em joules/Kg. Em conclusão pôde-se notar que existem diferenças na solicitação das articulações dependendo do grau de dificuldade do salto e que esse trabalho não encontrou os mesmos resultados do trabalho realizado por Luthanen e Komi (1978) que em estudos realizados com o salto vertical sob o ponto de vista biomecânico, divulgaram nos resultados de suas pesquisas que o movimento de maior influência no salto é a extensão dos joelhos, com participação de 56% na ação do salto, seguido pela flexão plantar, 22%, extensão do tronco e balanceamento dos braços, 10%, e balanceamento da cabeça, 2%, provando assim que a correta execução do salto (quando utilizados todos os movimentos auxiliares) tem valor determinante em sua eficiência final (Barbanti, 1996). Essa diferença encontrada pode ser devido aos avanços das técnicas eletromiográficas que geralmente são utilizadas nesse tipo de estudo.

Apesar da intensidade dos saltos ser extremamente elevada e o impacto da queda causar grande nível de lesão muscular, o salto pode ser benéfico para algumas populações.

Analisando a estrutura óssea de mulheres jogadoras de voleibol recreativo e mulheres que não praticavam esse tipo de atividade com faixa etária de 42 a 62 anos, menopausadas, Ito et al. (2001) encontraram um aumento da densidade mineral óssea da coluna lombar, calcâneo e tibia nas mulheres jogadoras quando comparadas as mulheres que não praticavam esse esporte.

A partir desses resultados, Kato et al. (2006) avaliaram o efeito do treinamento pliométrico por 6 meses em 36 mulheres com média de idade de $20,7 \pm 0,7$ anos. Essas voluntárias foram aleatoriamente divididas em 2 grupos: grupo experimental, que realizava 3 séries de 10 repetições de salto vertical, 3 vezes por semana; e grupo controle, que não realizava nenhum tipo de treinamento. Os resultados desse estudo não mostraram ser os mesmos que no estudo de Ito et al. (2001). As análises da densidade mineral óssea da cabeça do fêmur e da coluna lombar (L2 a L4) mostraram aumento significativo quando mensurados por DEXA no grupo experimental e no grupo controle, quando comparados à seus valores de base. Não ocorreram diferenças significativas na comparação entre os grupos.

A densidade mineral óssea do triângulo de Ward, do trocanter maior e a densidade mineral óssea total do quadril não mostraram diferenças significativas. As diferenças nos resultados dos estudos podem ser decorrentes das diferenças de idade nas populações estudadas, já que no estudo de Ito et al. (2001) as voluntárias já se encontravam na menopausa, enquanto no estudo de Kato et al. (2006) as voluntárias se encontravam em idade de pico da massa óssea.

Conclusão

A Força é de essencial importância para o ser humano, pois ela é a base para a realização de todos os movimentos corporais.

O treinamento de força é muito importante em todas as fases da vida. Ele pode ser utilizado tanto para a compensação muscular dos organismos em desenvolvimento ou organismos debilitados, quanto para a melhora da performance atlética. Isso pode ser conseguido através de suas inúmeras adaptações.

Um dos claros exemplos de trabalho de força que objetiva a performance é o treinamento pliométrico, onde sua utilização visa o aumento da impulsão dos atletas, possibilitando a maximização da performance nos diversos esportes onde os saltos podem ser o diferencial. No entanto, com a evolução dos instrumentos de pesquisa nos últimos anos, diversos estudos que envolveram o treinamento pliométrico tiveram por objetivo o aumento da performance em outros esportes.

A natação e a corrida, cujo os saltos não são sua característica marcante, são exemplos claros dessas modalidades e tiveram grandes evoluções metodológicas. Nas avaliações com atletas de esportes de grande impacto, descobriu-se o aumento da densidade mineral óssea desses indivíduos.

Tentando reproduzir esses resultados, o treinamento pliométrico foi aplicado em voluntários que não praticavam esse tipo de esporte. Entretanto, o resultado esperado não foi encontrado. Isso pode ser devido aos anos de treinamento dos atletas.

Novas pesquisas devem ser feitas no intuito de se estabelecer programas de treinamento de força seguros para todas as faixas etárias e para que as diversas modalidades esportivas possam ser beneficiadas.

Referências Bibliográficas

- Barbanti, V. J. *Treinamento Físico: Bases Científicas*. 3ª ed. São Paulo, SP, CLR Balieiro, 1996.
- _____. *Teoria e Prática do Treinamento Esportivo*. 2ª ed. São Paulo, SP, Edgard Blücher Ltda, 1997.
- _____; UGRINOWITSCH, C. O ciclo de alongamento e encurtamento e a performance no salto vertical. *Revista Paulista de Educação Física*, v. 12, n. 1, p. 85-94, janeiro a junho de 1998.
- Brandenburg, J. P. The acute effects of prior dynamic resistance exercise using different loads on subsequent upper-body explosive performance in resistance trained men. *J Strength Cond Res*, v. 19, n. 2, p. 427-32, 2005.
- Cronin, J. B.; Hansen K. T. Strength and power predictors of sports speed. *J Strength Cond Res*, v. 19, n. 2, p. 349-57, 2005.
- Dantas, E. H. M. *A Prática da Preparação Física*. 5ª ed. Rio de Janeiro, RJ, Shape, 2003, p. 27-61.
- Ford, H. T. et al. Effects of three combinations of plyometric and weight training programs on selected physical fitness test items. *Percept Mot Skills*, v. 56, n. 3, p. 919-22, 1983.
- Guyton, A. C.; Hall, J. E. *Tratado de Fisiologia Médica*. 9ª ed. Rio de Janeiro, RJ, Guanabara Koogan S. A., 1996, 693-703.
- Hakkinen, K. Changes in physical fitness profile in female volleyball players during the competitive season. *J Sports Med Phys Fitness*, v. 43, n. 3, p. 223-32, 1993.
- Ito et al. Effects of lifetime volleyball exercise on bone mineral densities in lumbar spine, calcaneus and tibia for pre, peri and postmenopausal women. *Osteoporos Int*, v. 12, p. 104-11, 2001.
- Kato et al. Effect of low-repetition jump training on bone mineral density in young women. *J Appl Physiol*, v. 100, n. 3, p. 839-43, 2006.
- Lees, A.; Vanrenterghem, J.; De Clercq, D. The maximal and submaximal vertical jump: implications for strength and conditioning. *J Strength Cond Res*, v. 18, n. 4, p. 787-91, 2004.
- Martel, G. F. Aquatic plyometric training increases vertical jump in female volleyball players. *Med Sci Sports Exerc*, p. 1814-19, 2005.
- Masamoto, N. et al. Acute effects of plyometric exercise on maximum squat performance in male athletes. *J Strength Cond Res*, v. 17, n. 1, p. 68-71, 2003.
- Mataavluj, D. et al. Effects of plyometric training on jumping performance in junior basketball players. *J Sports Med Phys Fitness*, v. 41, n. 2, p. 159-64, 2001.
- McArdle, William, D.; Katch, Frank I.; Katch, Victor L. *Fisiologia do Exercício: Energia, Nutrição e Desempenho Humano*. 5ª ed. Rio de Janeiro, RJ, Guanabara Koogan S.A., 2003, p. 419-512.
- McGOWN, C. et al. Gold medal volleyball the training program and physiological profile of the 1984 olympic champions. *Res Q Exerc Sport*, v. 61, n. 2, p. 196-200, 1990.
- Newton, R. U.; Kraemer, W. J.; Hakkinen, K. Effects of ballistic training on preseason preparation of elite volleyball players. *Med Sci Sports Exerc*, v. 41, n. 2, p. 323-30, 1999.
- Robinson, L. E. The Effects of land vs. aquatic plyometrics on power, torque, velocity, and muscle soreness in women. *J Strength Cond Res*, v. 18, n. 1, p. 84-91, 2004.
- Rodacki, A. L. F. R. et al. O número de saltos verticais realizados durante partidas de vólibol como indicador da prescrição do treinamento. *Treinamento Desportivo*, v. 4, n. 1, p. 31-9, 1997.
- Schulte-Edelmann, J.A. The effects of plyometric training of the posterior shoulder and elbow. *J Strength Cond Res*, v. 19, n. 1, 129-34, 2005.
- Spurrs, R. W.; Murphy A. J.; Watsford, M. L. The effect of plyometric training on distance running performance. *Eur J Appl Physiol*, v. 89, n. 1, p. 1-7, 2003.
- Swanik, K. A. The effects of shoulder plyometric training on proprioception and selected muscle performance characteristics. *J Shoulder Elbow Surg*, v. 11, n. 6, p. 579-86, 2002.

Verkoshanky, Y. V. Treinamento Desportivo: Teoria e Metodologia. Porto Alegre, RS, Artmed, 2001, p. 163-74.

Toumi, H. et al. Effects of eccentric phase velocity of plyometric training on the vertical jump Int J Sports Med, v. 45, n. 5, p. 391-8, 2004.

Weineck, J. Treinamento Ideal. 9ª ed. São Paulo, SP, Manole, 1999, p. 18-39; 224-376.

Wilson, G. J.; Murphy, A. J.; Giorgi, A. Weight and plyometric training: effects on eccentric and concentric force production. Can J Appl Physiol, v. 41, n. 4, p. 301-15, 1996.