

SALTO EM PROFUNDIDADE: FISIOLOGIA E BENEFÍCIOS

Nelson Kautzner Marques Junior

Mestre em Ciência da Motricidade Humana pela UCB do RJ
nk-junior@uol.com.br

RESUMO

O objetivo da revisão foi explicar a fisiologia do SP e identificar os outros benefícios dessa sessão para o praticante. As sessões de SP começaram no atletismo por volta de 1919 a 1930. Verkhoshanski foi o primeiro a publicar artigos sobre os benefícios do SP para modalidades que possuem salto vertical (SV). O intuito do SP é exercitar a força reativa dos membros inferiores, ocorrendo uma ação excêntrica na aterrissagem do atleta ou da pessoa saudável, na etapa de amortização uma ação isométrica e na fase de impulsão a contração concêntrica, denominado de ciclo de alongamento-isométrico-encurtamento. Diversas referências comprovam que as sessões de SP aumentam significativamente ($p \leq 0,05$) o SV. Entretanto, recentemente foi evidenciado que o SP melhora a velocidade, a agilidade e a economia da corrida. Em conclusão, o SP proporciona um incremento em diversas capacidades físicas.

Palavras-chave: Salto em profundidade. Salto vertical. Treino.

ABSTRACT

The objective of the review was to teach the physiology of the depth jump (DJ) and determines the others benefices of the DJ for the athlete and for the healthy subjects. The training of DJ began of the athletics in 1919 the 1930. Verkhoshanski was the first the publish articles about the benefices of the DJ for sport with vertical jump (VJ). The objective the DJ is exercises the reactive strength of the legs, occur the eccentric action during the drop of the athlete or of the healthy subject, in the phase of amortize occur the isometric action and in the phase of impulse occur the concentric contraction, the stretch-isometric-shortening cycle. Several references to prove the season of the DJ increase significantly ($p \leq 0,05$) the VJ. However, recently the studies about the DJ determines a improve the velocity, the agility and the running economy. In conclusion, DJ increases the performance of several physical capacities.

Key-Words: Depth jump. Vertical jump. Training.

INTRODUÇÃO

Os pioneiros na prática do treino de salto em profundidade (SP) foram os esportistas do atletismo nos anos de 1919 a 1930, principalmente no inverno do norte e do leste europeu (BOMPA, 2004). O primeiro a publicar sobre os benefícios do SP foi Verkoshanski (1967), apesar do pouco crédito que obteve em seu país, a ex-União Soviética, este estudo contribuiu para popularizar o SP mundialmente. A partir dos anos 70 e 80 diversos cientistas da Finlândia (HÄKKINEN; KOMI; ALÉN, 1985), Itália (BOSCO et al., 1984), Estados Unidos (FORD et al., 1983) e Alemanha (GOLLHOFER; SCHMIDTBLEICHER; DIETZ, 1984) comprovaram os benefícios do SP para atletas de modalidades com salto. Isso acontece porque o SP exercita a força reativa dos membros inferiores, ocorrendo um alongamento na fase excêntrica, uma breve contração isométrica e passando rapidamente para ação muscular concêntrica. Estas ações são denominadas de ciclo de alongamento-isométrico-encurtamento (CAIE). Diversos autores afirmaram que o ciclo de CAIE aumenta a altura do salto vertical (SV) porque aproveita os estoques de energia elástica dos músculos dos membros inferiores e reutiliza estes estoques em energia mecânica (KYRÖLÄINEN et al., 2004; LAFFAYE; BARDY; TAIAR, 2006).

Vários atletas de diversas modalidades (PALAO; SAENZ; UREÑA, 2001; DIALLO et al., 2001; MATAVULJ et al., 2001) e também, em indivíduos saudáveis (FAIGENBAUM et al., 2007), o SP melhorou significativamente ($p \leq 0,05$) a impulsão. Essas evidências científicas estão de acordo com o “estado da arte”. Recentemente Markovic e Newton (2007) comprovaram através de metanálise que o SP causa um incremento no SV. Porém, o técnico deve estar atento sobre essas informações porque o esporte que depende do alcance para ocorrer o fundamento, o caso da cortada do voleibol (ARRUDA; HESPANHOL, 2008). Para um jogador de alto rendimento ter êxito, precisa de no mínimo um golpe na bola de 3,30 m (MASSA et al., 2003). Caso contrário, terá dificuldade para efetuar essa técnica esportista. Então, não adianta somente aumentar o SV, a melhora da impulsão precisa proporcionar valores suficientes para o atleta conseguir golpear a bola no ataque. Apesar do SP melhorar o SV dos esportistas (FRANCELINO; PASSARINHO, 2007) e de não atletas (LÓPEZ; ALONSO; FERNÁNDEZ, 2003), Less e Fahmi (1994) evidenciaram na sua pesquisa que o SP piora a *performance* do SV de jogadores de esportes com raquete ($41,6 \pm 0,12$ cm para $36,9 \pm 0,09$ cm na altura de queda de 12 cm). Häkkinen e Komi (1983) observaram que alturas de 20, 40 e 60 cm quase não produzem benefícios no SV de indivíduos treinados, cerca de $29,0 \pm 6,0$ cm para $30,0 \pm 4,5$ cm (altura de 20 cm), $29,7 \pm 5,6$ cm para $29,9 \pm 4,5$ cm (altura de 40 cm) e $28,3 \pm 5,0$ cm para $29,4 \pm 4,8$ cm (altura de 60 cm). Talvez tenha ocorrido um declínio no SV no 1º estudo e uma melhora insuficiente na 2º investigação porque estes indivíduos não realizam constantemente a elevação do centro de gravidade, ocorrendo uma adaptação neural por inibição, desencadeada pelos órgãos tendinosos de Golgi (OTG), resultando numa redução da ação dos agonistas. Entretanto, consultando outro estudo, sobre tenistas (RODRIGUES FILHO, 2007), onde quase não acontece SV, a sessão de SP desencadeou um incremento significativo ($p \leq 0,05$) na impulsão. Portanto, são raras as pesquisas que o SP não otimiza a elevação do centro de gravidade de treinados ou destreinados.

A literatura já comprovou que o SP causa benefícios para o SV, então os cientistas passaram a se dedicar a outras pesquisas (NOYES et al., 2005; RUSSELL et

al., 2006). Malisoux et al. (2006) evidenciaram que 24 sessões de SP aumentaram significativamente ($p \leq 0,05$) as fibras do tipo IIa. Kuitunen et al. (2004) encontraram no seu estudo que diversos SP reduzem a força muscular e após esse trabalho os níveis de CK (creatinquinase) aumentaram significativamente ($p \leq 0,05$), manifestação fisiológica relacionada com a mialgia (dor muscular). Caserotti et al. (2001) compararam o CAIE de homens idosos e de mulheres com idade avançada, sendo observado que o sexo masculino tem maior impulsão, uma das causas é a mais rápida passagem do CAIE. No esporte, já foi desenvolvido uma sessão de SP em basquetebolista simulando a ação do rebote (FORD et al., 2005), também foi mensurado que após 4 meses de SP os basquetebolistas aumentaram a velocidade (MORAES; PELLEGRINOTI, 2005). O SP não é só utilizado para a melhora do condicionamento físico, recentemente essa sessão vem sendo utilizada para reabilitação de atletas (ROSSI; BRANDALIZE, 2007). Sabendo que os estudos de SP estão se dedicando a novas descobertas, o objetivo da revisão foi explicar a fisiologia do SP e identificar os outros benefícios dessa sessão para o praticante.

EXECUÇÃO E AÇÃO NEUROMUSCULAR NO SALTO EM PROFUNDIDADE

O SP consiste na queda do atleta de uma determinada altura (Ex.: plinto ou caixa resistente). Na fase de aterrissagem do SP o praticante deve tocar inicialmente o antepé para amortecer o impacto, de preferência numa superfície macia que não aumente a transição entre a ação muscular excêntrica para isométrica e posteriormente para contração concêntrica, o CAIE. As recomendações do piso macio para queda do executante são por causa das menores chances de lesão. A aterrissagem do praticante acontece quando ele realiza flexão do quadril, flexão do joelho, dorsiflexão e mínima flexão da coluna vertebral. Resultando numa ação muscular excêntrica e acionando o fuso muscular que detectam os alongamentos musculostendinosos e os músculos contraem (o reflexo miotático). O segundo momento do SP é denominado de amortização. O sujeito acentua um pouco mais a flexão do quadril, a flexão do joelho, a dorsiflexão e a flexão da coluna vertebral. Ocorrendo uma rápida ação muscular isométrica.

A ação muscular (excêntrica) proveniente do reflexo miotático gera uma tensão e aciona os OTG através de uma resposta reflexa que proporciona o relaxamento da musculatura, preparando o atleta para a impulsão (neste momento a contração muscular é concêntrica). O ser humano é capaz de armazenar energia elástica nos componentes do complexo músculo-tendão quando realiza na sessão de SP uma ação excêntrica dos membros inferiores quando aterrissa no solo. Para essa energia elástica ser reutilizada em forma de energia mecânica o executante precisa praticar uma rápida passagem da ação muscular excêntrica para isométrica e posteriormente para concêntrica (GUEDES NETO et al., 2005), ocorrendo um menor custo metabólico no sistema anaeróbio creatinofosfato. Na ação excêntrica o consumo máximo de oxigênio ($VO_{2máx}$) diminui, enquanto que na contração muscular concêntrica o $VO_{2máx}$ aumenta (ASMUSSEN, 1953). Talvez isso ocorra porque a ação excêntrica exige menos esforço do que a contração concêntrica. Essa rápida ação muscular excêntrica para isométrica e posteriormente para concêntrica proporciona um melhor desempenho do SV.

A energia armazenada nos músculos e tendões dos membros inferiores do indivíduo que realiza o SP proporciona eficiência na ação muscular porque gera um

stiffness (tensão) nesses componentes anatômicos (ETTEMA, 2001). O *stiffness* do tendão é constante, dificultando o seu alongamento, o dos músculos é variável, o alongamento ocorre facilmente, depende da força gerada pelo músculo. O *stiffness* torna-se mais rígido na medida que a tensão muscular é maior (KUBO; KAWAKAMI; FUKUNAGA, 1999), gerando uma melhora ou declínio do salto do sujeito no treino de SP, caso a altura do SP não seja adequada para o praticante, isto é, muito alta. Alturas elevadas para sessões do SP ocasionam diminuição da velocidade do CAIE por causa da inibição causada pelos OTG prejudicando o treinamento. O *stiffness* dos músculos é superior ao dos tendões por esse motivo o tendão armazena mais energia elástica e sua conversão em energia mecânica predomina.

As propriedades mecânicas dos músculos são constituídas por três componentes interrelacionados: o componente contrátil (CC) é responsável pela junção actinmiosina, exigindo da energia metabólica a geração de força ativa. O componente elástico em paralelo (CEP) é formado pelo endomísio, epimísio e perimísio, esse componente atua na manutenção da estrutura muscular, opondo a força do movimento na ação muscular do alongamento. Enquanto que o componente elástico em série (CES) localiza-se no tendão e entre as pontes cruzadas de actina e miosina. O CES tem a finalidade de amortecer entre o músculo e sua inserção nos movimentos bruscos do repouso para o ativo, protegendo o organismo contra lesões. O CES ainda estoca energia elástica (ação excêntrica), podendo ser convertida em mecânica se for realizada uma rápida ação isométrica para concêntrica (ação do SP). Na ação muscular excêntrica o CC se alonga e o CES se encurta. Na fase isométrica do SP o CC e o CES se alongam. E na etapa da contração muscular concêntrica acontece encurtamento do CC e o CES se alonga. Ettema (2001) através de pesquisa indicou um novo modelo dos componentes musculares, descoberto através de diversos cálculos matemáticos na figura a seguir.

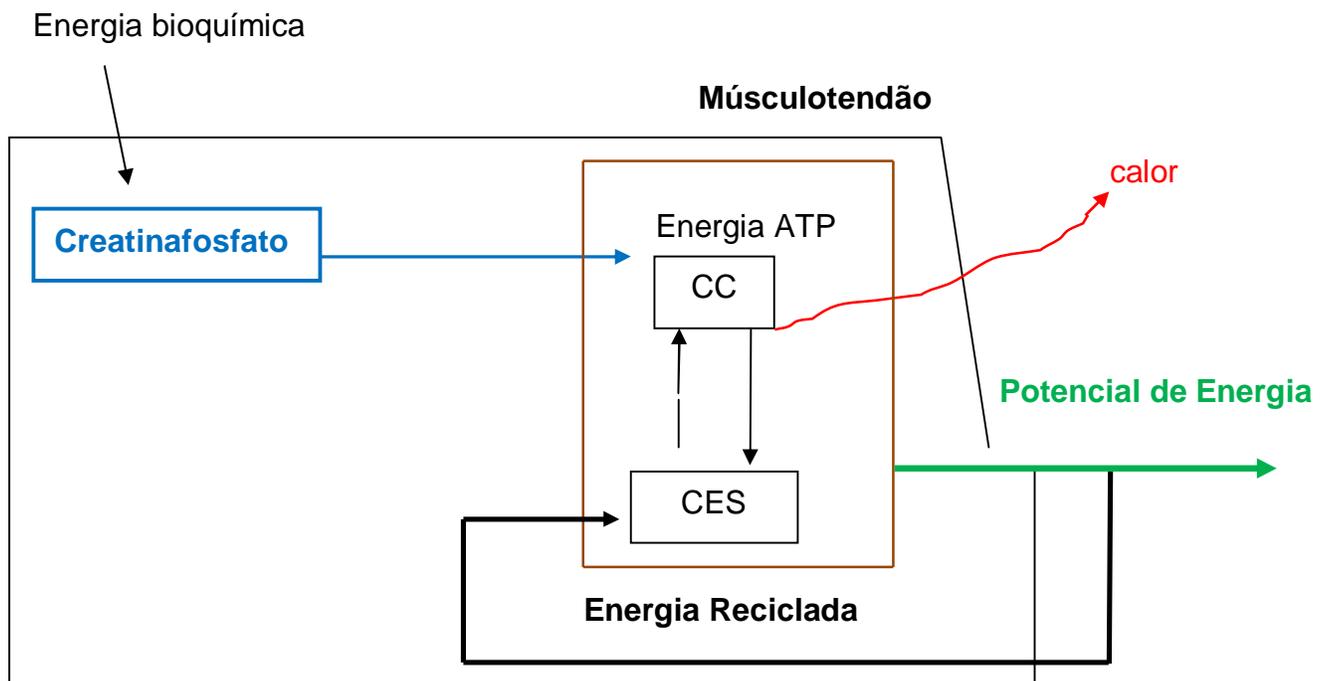


Figura 1 - Modelo dos componentes musculares de Ettema (2001).

A fase de impulsão do SP acontece quando o praticante faz extensão do quadril, extensão do joelho, flexão plantar e extensão da coluna vertebral. A contração muscular dos membros inferiores nesta etapa é concêntrica potencializando-a porque acontece inibição (efeito negativo) dos OTG, proporcionando mais força dos membros inferiores do executante na impulsão. A adaptação neural por inibição desencadeada pelos OTG ocorre em destreinados porque reduz a ação do agonista, em treinados este processo acontece por facilitação porque o agonista aumenta sua ação, ou seja, aumento da força (MARQUES JUNIOR, 2005b). Após a impulsão do sujeito na sessão de SP, acontece a etapa de vôo e todo ciclo se repete até terminar a série.

Lembrando que após a cada repetição do SP (geralmente as alturas ficam em torno de 20 a 110 cm) deve ocorrer um intervalo para restaurar a ATP-CP. Segundo Kuitunen et al. (2002), a fadiga do praticante do SP resulta num declínio da velocidade do CAIE, proporcionando numa dificuldade do executante em amortecer o impacto da aterrissagem gerando maior sobrecarga nos membros inferiores. Caso a sessão seja muito intensa o indivíduo terá que se recuperar desse treino por 2 a 4 dias (NICOL et al, 1996), mas conforme o tipo de trabalho (ex.: adaptação, iniciação etc), a restauração do desgaste do SP pode durar até 6 dias.

OUTROS BENEFÍCIOS DO SALTO EM PROFUNDIDADE PARA O PRATICANTE

Em 1967 Verkhoshanski publicou a metodologia do SP e informou os benefícios que essa sessão causa no SV. Atualmente a metodologia de treino da sessão de SP é bem documentada na literatura por diversas referências (BADILLO; AYESTARÁN, 2001; BOMPA, 2004; VERKHOSHANSKI, 1996). A sessão de adaptação que é usada nas 1ª semanas possui altura de queda inferior a 20 cm e com frequência semanal de 1 a 2 vezes. Após o treino de adaptação, o praticante efetua a sessão de iniciação do SP, possuindo altura de queda entre 20 a 49 cm e tendo frequência semanal de 1 a 3 vezes. Terminada as duas fases, o atleta ou a pessoa saudável pode se exercitar na força rápida (50 a 75 cm por 2 a 3 vezes na semana) ou na força máxima (76 a 110 cm por 2 a 3 vezes na semana), depende do objetivo da periodização. Todas as etapas do SP (as etapas são: adaptação, iniciação, força rápida e força máxima) são prescritas 3 a 10 saltos, após os saltos o indivíduo deve efetuar uma pausa de 1 a 10 minutos e o valor de séries compreende entre 1 a 4. Jamais durante a sessão de SP o atleta deve usar coletes lastrados porque retarda o CAIE, prejudicando no aumento da impulsão (SANTOS; AVELA, 1991).

Alturas de queda superiores a 110 cm são prejudiciais para desenvolver a força reativa porque o CAIE é demorado e as chances de lesão são altas (VIITASALO; SALO; LAHTINEN, 1998). A recuperação completa do SP varia conforme o tipo de sessão (adaptação = não possui duração, iniciação = 24 h, força rápida = 48 h e força máxima = 72 h). Para o executante saber qual altura de queda é a ideal, ele deverá cair de um plinto ou caixa na plataforma de salto e em seguida fazer um SV (KOMI; BOSCO, 1978). O SV mais alto e com melhor potência dos membros inferiores será a altura de queda, estando relacionado com o objetivo da sessão, força rápida ou força máxima. Marques Junior (2005) lembrou que conforme a execução da sessão de SP deve ser praticado o teste para saber a altura de queda. Por exemplo, se o treino de SP for de saltar por cima das barreiras, o teste deverá ser dessa maneira e após a

impulsão sobre um obstáculo, o praticante faz um SV e toca com o dedo sujo de giz na parede. Esse teste para estabelecer a altura de queda é para profissionais que não possuem plataforma de salto, sendo de baixo custo financeiro. Da mesma maneira deve ser praticado com a queda de cima de um plinto. Toda essa metodologia de treino, explicada nesses dois parágrafos, foram estruturadas baseadas nos resultados das pesquisas dos anos 60 a 80 que comprovaram o benefício do SP para o SV (BOBBERT, 1990). Também durante esses anos, foi estudada principalmente pelos finlandeses, a fisiologia e a biomecânica do CAIE (KOMI, 1984).

A partir dos anos 90 os estudos do SP começaram evidenciar as adaptações fisiológicas, sendo observado um aumento significativo ($p \leq 0,05$) das fibras tipo II do músculo solear (ALMEIDA-SILVEIRA; PÉROT; GOUBEL, 1996). Durante esse período, também foi desenvolvido um aparelho para amenizar o impacto da queda da sessão de SP (HUMPHRIES; NEWTON; WILSON, 1995). Em 1995, Svantesson e Grimby, compararam o CAIE de jovens e idosos. Mas a investigação que começou aproximadamente em 1991, foi a fadiga no CAIE (HORTOBÁGYI; LAMBERT; KROL, 1991), sendo estudada novamente em 1993 (VIITASALO et al., 1993), mas a partir de 96 aconteceram diversas pesquisas sobre esse fenômeno (HORITA et al., 1996; HORITA et al., 1999). Portanto, os cientistas do SP nos anos 90 começaram descobrir outras questões sobre essa sessão.

Nos anos 90 duas pesquisas chamaram muito atenção. No estudo de Hewett et al. (1996) foram recrutadas 11 jogadoras de voleibol do 2º grau que praticaram multisaltos e SP, 3 vezes na semana (2ª, 4ª e 6ª feira - os dias das sessões eram alternados para que ocorresse um adequado descanso da musculatura treinada.), por 1 mês e 14 dias. Essas sessões tiveram duração de 2 horas. Os resultados do estudo informaram que conforme as voleibolistas se condicionam no treinamento de SP, o impacto da queda foi reduzido e ocorreu um aumento de $1,5 \pm 0,5$ cm no SV.

A pesquisa de Young, Wilson e Byrne (1999) foi direcionada na execução da sessão do SP. Foram selecionados 25 homens praticantes de modalidades com salto (atletismo, basquetebol e futebol) com idade entre 19 e 34 anos. Os sujeitos foram divididos randomicamente em 3 grupos: o primeiro grupo era composto por 13 indivíduos ($n = 13$) que deveriam praticar o SP na máxima altura (SPh), o segundo grupo, composto por 13 atletas que tinham que efetuar o SP na máxima velocidade e altura (SPv/h) e o terceiro grupo era o grupo controle ($n = 9$) com prática habitual nas atividades do cotidiano.

Os treinamentos dos esportistas das sessões de SPh e do SPv/h eram quase o mesmo, exceto a forma de execução (um com alturas mais elevadas e o segundo em alta velocidade), ambas as amostras realizaram 3 vezes na semana 6 repetições, com intervalo após o estímulo de 4 a 5 minutos e possuindo 4 séries que foram praticadas durante 1 mês, passando para 5 séries após este período. As alturas de queda também foram iguais para os sujeitos do SPh e do SPv/h, com valores de 30, 45, 60 e 75 cm.

Os resultados da pesquisa evidenciaram que o SPv/h melhora mais a força reativa, enquanto que o SPh foi mais benéfico para otimizar o SV dos atletas, 6%, não tendo diferença significativa ($p > 0,05$) quando comparado aos 3% de melhora do SV do grupo que treinou o SPv/h. Conclui-se que o SPv/h é mais benéfico do que o SPh, mas o risco de lesão é maior por causa da elevada intensidade. Entretanto, o SPh necessita de um volume mais elevado para compensar a menor intensidade dessa sessão.

A partir do ano 2000, os laboratórios da ciência do esporte começaram identificar outros benefícios do SP no praticante, sendo realizadas investigações em atletas. Uma das primeiras pesquisas dessa época foi sobre a fisiologia do exercício dessa sessão. Chamari et al. (2001) observaram em voleibolistas de $18,5 \pm 0,7$ anos que diversos saltos num local acarreta significativo ($p \leq 0,05$) aumento de lactato, conseqüentemente aumenta os íons hidrogênio e desencadeia fadiga no executante. O intervalo a cada sessão de saltos foi de 20 segundos, mostrando que o SP merece um bom período de pausa para restabelecer os estoques da ATP-CP. No SP a fadiga não é só por via metabólica, ela causa demasiado cansaço no sistema nervoso central (constituído pelo encéfalo e pela medula espinhal). Então, a maioria das pausas dessa sessão devem ser entre 2 (restaura 90% a creatinafosfato) a 5 (recupera a ATP-CP em 100%) minutos porque ocasiona restauração da via dos fosfagênios (MARQUES JUNIOR, 2001; TUBINO; MOREIRA, 2003) ou mais minutos para permitir recuperação do sistema nervoso central.

Diversos estudos evidenciaram que a sessão de SP não otimiza somente o SV, ela também melhora a velocidade do esportista. Isso ocorre porque o CAIE fica mais econômico na geração da ação muscular e a força reativa é elevada com essa sessão. Chimera et al. (2004) prescreveram SP para jogadoras de futebol ($n = 7$) e de hóquei na grama ($n = 2$) por 1 mês e 14 dias. Essas atletas estavam com idade entre 18 a 22 anos. Cada atividade do SP foi realizada com 2 a 5 séries, tendo 10 a 70 repetições, com intervalo de 2 minutos entre os exercícios. Foi evidenciado após 1 mês e 14 dias de SP que as atletas aumentaram significativamente ($p \leq 0,05$) o SV e a velocidade da corrida na distância de 36,57 m. Também o SP ocasionou um incremento na força dos músculos abdutores, adutores e posteriores da coxa, gerando maior estabilidade para o joelho das atletas. Outra investigação similar foi a de Reymont et al. (2006), foram recrutados 17 jogadores de hóquei com 18 a 24 anos para praticar SP. Por 1 mês esses esportistas se exercitaram no SP e em exercícios de salto que simulavam patinar, as sessões tiveram 2 a 4 séries, com 10 repetições ou 10 a 30 segundos e no fim do estímulo foi efetuado um intervalo de 15 a 30 segundos. O SP proporcionou um incremento no SV, na potência anaeróbia e não melhorou a velocidade dos jogadores. A causa da não melhora da velocidade para esses autores, foi a pouca duração do estudo.

O aumento da velocidade através do SP não ocorre somente em esportistas, em pessoas saudáveis também. Reis, Carneiro e Novaes (2004) selecionaram 20 estudantes de Educação Física (10 masculinos e 10 femininos) com 18 a 22 anos. Os estudantes treinaram 3 vezes na semana com multisaltos, dando um volume de 50 a 70 saltos. Após cada estímulo foi efetuada uma pausa de 1 a 2 minutos. Após 1 mês de treino os estudantes foram mais rápidos no teste de 30 m e 30 m lançado. Também o comprimento do salto horizontal (SH) décuplo, do SH triplo e do SH quádruplo foi maior. Em outra pesquisa com não atletas, Kotzamanidis (2006) prescreveu para pré-púberes na 1ª fase de maturação sexual, sessões de SP por 2 meses e 14 dias. As sessões tiveram altura de queda de 10, 20 e 30 cm, todas com 10 repetições e 3 minutos de pausa após cada estímulo. O volume de saltos foi de 60 a 100 repetições. Os resultados mostraram um incremento significativo no SV e na velocidade na distância de 30 m.

Apesar de recentemente os estudos determinarem que o SP melhora significativamente ($p \leq 0,05$) a velocidade, esse fenômeno já foi observado a muito

tempo. Em 1972, o soviético Valeri Borzov foi o primeiro branco campeão Olímpico dos 100 m com 10 segundos e 14 centésimos. O treino de Borzov foi baseado na força reativa, tendo diversos exercícios de salto para gerar mais velocidade na corrida e maior velocidade na largada (DINTIMAN; WARD; TELLEZ, 1999).

O SP também proporciona outros benefícios para o praticante. Na pesquisa de Miller et al. (2006) foram recrutadas 14 pessoas saudáveis com $22,3 \pm 3,1$ anos sem nenhuma lesão nos membros inferiores. Esses indivíduos treinaram por 1 mês e 14 dias, sendo prescrito várias tarefas de salto para desenvolver a força reativa. As sessões de SP tiveram entre 2 a 4 séries, com 6 a 15 repetições e possuindo uma pausa após o estímulo. Os resultados do estudo mostraram que houve um incremento na agilidade dos sujeitos do estudo porque o SP otimizou a força reativa que proporciona um deslocamento mais veloz durante a tarefa de agilidade. Almeida e Rogatto (2007) prescreveram sessões de SP e de multisaltos para 8 jogadoras de futsal com 13 a 15 anos por duas vezes na semana. As sessões foram realizadas com 3 a 25 séries, tendo 5 a 25 repetições e após o estímulo acontecia a pausa de 2 a 10 minutos. Após 1 mês de treino as atletas não obtiveram melhoras significativas ($p > 0,05$) referente a diminuição do percentual de gordura, o aumento da circunferência da coxa e da panturrilha, maior SV e mais rapidez na velocidade. As melhoras significativas ($p \leq 0,05$) aconteceram no salto horizontal e na agilidade das atletas.

Segundo Barbanti, Tricoli e Ugrinowitsch (2004), estudos de SP mais audaciosos tem utilizado essa sessão para causar um incremento no CAIE durante a corrida aeróbia, proporcionando maior eficiência mecânica dessa atividade. Spurrs, Murphy e Watsford (2003) estudaram por 1 mês e 14 dias 8 corredores de longa distância de 25 anos. As sessões de SP e de multisaltos foram realizadas 3 vezes na semana, tendo 2 a 3 séries, com 10 a 15 repetições e possuindo uma pausa após os saltos. Os resultados evidenciaram melhora significativa ($p \leq 0,05$) nas seguintes variáveis: maior impulsão no SV, mais rapidez no teste de 3000 m, uma eficiente economia da corrida e mais elevada a distância dos saltos quintuplos. O SP não proporcionou modificações na massa corporal total, no acúmulo de lactato e no $VO_{2máx}$ dos corredores entre o pré e o pós-teste. Turner, Owings e Schwane (2003) prescreveram SP por 1 mês e 14 dias para pessoas saudáveis (6 mulheres e 4 homens) que treinavam por 6 meses corrida de longa distância. A amostra se exercitou no SP 5 a 7 vezes na semana, com 5 a 30 repetições e tendo uma pausa após o estímulo. Os sujeitos conseguiram um incremento significativo ($p \leq 0,05$) após o treino de SP na economia da corrida e o $VO_{2máx}$ pouco se alterou ($p > 0,05$).

Recentemente foi pesquisado o efeito do SP nas mudanças morfofuncionais do praticante dessa sessão. Marković et al. (2005) selecionaram professores de Educação Física de 18 a 24 anos ($n = 50$) para treinar SP por 2 meses e 14 dias. As sessões foram realizadas 3 vezes na semana, com altura de queda de 40 a 60 cm, possuindo 4 a 10 séries, 10 repetições e pausa após os saltos de 2 a 3 minutos. Após as sessões foram mensuradas diversas variáveis e não ocorreu nenhuma alteração significativa ($p > 0,05$) na massa corporal total, na massa de gordura, na circunferência da coxa e da panturrilha, no índice de massa corporal (IMC), e no percentual de gordura. Para os autores do estudo o SP não proporcionou benefícios morfofuncionais na amostra porque a investigação deveria ser mais duradoura. Merecendo uma nova investigação sobre esse tema no SP porque é um assunto escasso nessa sessão.

Em 2001 Miller et al. indicaram o SP aquático porque as chances de lesão são menores nessa sessão. Rodrigues et al. (2006) treinaram 10 jogadores de futsal com 18 a 20 anos. Todos esses atletas jogavam por mais de 10 anos a modalidade. Esses futebolistas de salão praticaram por 4 meses, 3 vezes na semana, o SP aquático numa piscina de 140 cm, todas as sessões tiveram 10 repetições com três tipos de salto (salto com extensão do joelho na fase descendente, salto com flexão do quadril em profundidade e salto com adução e abdução do quadril antes da fase descendente). Os resultados do estudo foram significativos ($p \leq 0,05$) para a circunferência da perna e da coxa, no percentual de gordura, na massa corporal magra, na velocidade, na agilidade, no salto horizontal e no salto vertical. Apenas a massa corporal total não obteve alterações significativas ($p > 0,05$). Portanto, o SP aquático é um meio eficaz para o atleta, mas necessita de mais estudo para comprovar sua eficácia. Porém, nessa pesquisa de futsal mostrou resultados muito satisfatórios.

Através desse capítulo foram apresentadas as novas investigações e as descobertas dos outros benefícios do SP para o atleta ou para a pessoa saudável.

CONCLUSÃO

O SP é praticado através de uma ação neuromuscular excêntrica-isométrica-concêntrica com participação dos proprioceptores (o fuso muscular e os OTG). Apesar do alto risco de lesão do SP pode-se afirmar nesta revisão de literatura que este método de treino otimiza o SV de esportistas e de não atletas. Contudo, recentemente foi evidenciado pelos novos estudos do SP que essa sessão melhora a velocidade, a agilidade e a economia da corrida. Também foi apresentado que o SP aquático é um novo meio de exercitar essa sessão e proporcionar benefícios morfofuncionais e físicos no atleta. Porém, a única variável não alterada significativamente ($p > 0,05$) foi o $VO_{2máx}$, mas as pesquisas tiveram apenas alguns meses, merecendo ser mais duradouro. Portanto, o SP é uma sessão tão eficaz que em poucos meses causa um incremento em diversas capacidades físicas, sendo recomendado para várias faixas etárias e para diversas populações que não possuem histórico de lesão no joelho.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, G.; ROGATTO, G. Efeitos do método pliométrico de treinamento sobre a força explosiva, agilidade e velocidade de deslocamento de jogadoras de futsal.

REFELD. v. 2, n. 1, p. 23-38, 2007. Disponível em: www.refeld.com.br Acesso em: 30 de mar. de 2009.

ARRUDA, M.; HESPANHOL, J. **Saltos verticais**: procedimentos de avaliação em desportos coletivos. São Paulo: Phorte, 2008. p. 16-18.

ASMUSSEN, E. Positive and negative muscular. **Acta Physiol Scand**. v. 28, n. 28, p. 364-82, 1953.

ALMEIDA-SILVEIRA, M.; PÉROT, C.; GOUBEL, F. Neuromuscular adaptations in rats trained by muscle stretch-shortening. **Eur J Appl Physiol**. v. 72, n. 3, p. 261-266, 1996.

BADILLO, J.; AYESTARÁN, E. **Fundamentos do treinamento de força**. 2ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2001. p. 185-188.

BARBANTI, V.; TRICOLI, V.; UGRINOWITSCH, C. Relevância do conhecimento científico na prática do treinamento físico. **Rev Paul Educ Fís**. v. 18, n. esp., p. 101-109, 2004. Disponível em: www.usp.br/eef/ Acesso: 30 de mar. de 2009.

BOBBERT, M. Drop jumping as a training method for jumping ability. **Sports Med**. v. 9, n. 1, p. 7-22, 1990.

BOSCO, C.; ZANON, S.; RUSKO, H.; DAL MONTE, A.; BELLOTTI, P.; LATTERI, F.; CANDELORO, N.; LOCATELLI, E.; AZZARO, E.; POZZO, R.; BONOMI, S. The influence of extra load on the mechanical behavior of skeletal muscle. **Eur J Appl Physiol**. v. 53, n. 2, p. 149-154, 1984.

BOMPA, T. **Treinamento de potência para o esporte**. São Paulo: Phorte, 2004. p. 3-193.

CASEROTTI, P.; AAGAARD, P.; SIMONSEN, E.; PUGGAARD, L. Contraction-specific differences in maximal muscle power during stretch-shortening cycle movements in elderly males and females. **Eur J Appl Physiol**. v. 84, n. 3, p. 206-212, 2001.

CHAMARI, K.; AHMAIDI, S.; BLUM, J.; HUE, O.; TEMFEMO, A.; HERTOUGH, C.; MERCIER, B.; PRÉFAUT, C.; MERCIER, J. Venous blood lactate increase after vertical jumping in volleyball athletes. **Eur J Appl Physiol**. v. 85, n. 1-2, p. 191-194, 2001.

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

DIALLO, O.; DORE, E.; DUCHE, P.; VAN PRAAGH, E. Effect of plyometric training followed by a reduced training programme on physical performance in prepubescent soccer players. **J Sports Med Physl Fitness**. v. 41, n. 3, p. 342-48, 2001.

DINTIMAN, G.; WARD, B.; TELLEZ, T. **Velocidade nos esportes**. 2ª ed. São Paulo: Manole, 1999. p. 123.

ETTEMA, G. J. C. Muscle efficiency: the controversial role of elasticity and mechanical energy conversion in stretch-shortening cycles. **Eur J Appl Physiol**. v. 85, n. 5, p. 457-65, 2001.

FAIGENBAUM, A.; McFARLAND, J.; KEIPER, F.; TEVLIN, W.; RATAMESS, N.; KANG, J.; HOFFMAN, J. Effects of a short-term plyometric and resistance training program on fitness performance in boys age 12 to 15 years. **J Sports Sci Med**. v. 6, n. -, p. 519-525, 2007. Disponível em: www.jssm.org Acesso em: 27 de mar. de 2009.

FRANCELINO, E.; PASSARINHO, C. Efeitos na impulsão vertical de um grupo de meninas participantes de uma equipe de voleibol escolar, submetidas a um treinamento pliométrico de 8 semanas. **Rev Ciên Biológicas Saúde**. v. 2, n. -, p. 154-157, 2007.

FORD, K.; MYER, G.; SMITH, R.; BYRNES, R.; DOPIRAK, S.; HEWETT, T. Use of an overhead goal alters vertical jump performance and biomechanics. **J Strength Cond Res**. v. 19, n. 2, p. 394-399, 2005.

FORD, T.; PUCKETT, J.; DRUMMOND, J.; SAWYER, K.; GANTT, K.; FUSSELL, C. Effects of three combinations of plyometric and weight training programs on selected physical fitness test items. **Percept Mot Skills**. v. 56, n. 3, p. 919-922, 1983.

GOLLHOFER, A.; SCHMIDTBLEICHER, D.; DIETZ, V. Regulation of muscle stiffness in human locomotion. **Int J Sports Med**. v. 5, n. -, p. 19-22, 1984.

GUEDES NETO, C.; MOCROSKI, C.; ANDRADE, P.; MAIOR, A.; SIMÃO, R. A atuação do ciclo alongamento-encurtamento durante ações musculares pliométricas. **J Ciên Exerc Esp**. v. -, n. -, p. 1-12, 2005.

HÄKKINEN, K.; KOMI, P. V. Alterations of mechanical characteristics of human skeletal muscle during strength training. **Eur J Appl Physiol**. v. 50, n. 2, p. 161-72, 1983.

HÄKKINEN, K.; KOMI, P. V.; ALÉN, M. Effect of explosive type strength training on isometric force-and relaxation-time, electromyographic and muscle fibre characteristics of leg extensor muscles. **Acta Physiol Scand**. v. 125, n. 4, p. 587-600, 1985.

HEWETT, T. E.; STROUPE, A. L.; NANCE, T. A.; NOYES, F. R. Plyometric training in female athletes: decreased impact forces and increased hamstring torques. **J Sports Med**. v. 24, n. , 6, p. 765-73, 1996.

HORITA, T.; KOMI, P.; NICOL, C.; KYRÖLÄINEN, H. Stretch shortening cycle fatigue. **Eur J Appl Physiol**. v. 73, n. 5, p. 393-403, 1996.

HORITA, T.; KOMI, P.; NICOL, C.; KYRÖLÄINEN, H. Effect of exhausting stretch-shortening cycle exercise on the time course of mechanical behavior in the drop jump: possible role of muscle damage. **Eur J Appl Physiol**. v. 79, n. 2, p. 160-167, 1999.

HORTOBÁGYI, T.; LAMBERT, J.; KROLL, W. Voluntary and reflex responses to fatigue with stretch-shortening exercise. **Can J Spt Sci**. v. 16, n. 2, p. 142-150, 1991.

HUMPHRIES, B.; NEWTON, R.; WILSON, G. The effect of a braking device in reducing the ground impact forces inherent in plyometric training. **Int J Sports Med**. v. 16, n. 2, p. 129-133, 1995.

KOMI, P.; BOSCO, C. Utilization of stored elastic energy in leg extensor muscles by men and women. **Med Sci Sports**. v. 10, n. 4, p. 261-265, 1978.

KOMI, P. Physiological and biomechanical correlates of muscle function: effects of muscle structure and stretch-shortening cycle on force and speed. **Exerc Sports Sci Rev.** v. 12, n. -, p. 81-121, 1984.

KOTZAMANIDIS, C. Effect of plyometric training running performance and vertical jumping in prepubertal boys. **J Strength Cond Res.** v. 20, n. 2, p. 441-445, 2006.

KUITUNEN, S.; AVELA, J.; KYRÖLÄINEN, H.; NICOL, C.; KOMI, P. Acute and prolonged reduction in joint stiffness in humans after exhausting stretch-shortening cycle exercise. **Eur J Appl Physiol.** v. 88, n. 1-2, p. 107-116, 2002.

KUITUNEN, S.; AVELA, J.; KYRÖLÄINEN, H.; KOMI, P. Voluntary activation and mechanical performance of human triceps surae muscle after exhaustive stretch-shortening cycle jumping exercise. **Eur J Appl Physiol.** v. 91, n. 5-6, p. 538-544, 2004.

KUBO, K.; KAWAKAMI, Y.; FUKUNAGA, T. Influence of elastic properties of tendon structures on jump performance in humans. **J Appl Physiol.** v. 87, n. 6, p. 90-96, 1999. Disponível em: www.jap.org Acesso em: 15 de jul. de 2000.

KYRÖLAINEN, H.; AVELA, J.; McBRIDE, J.; KOSKINEN, S.; ANDERSEN, J.; SIPILÄ, S.; TAKALA, T.; KOMI, P. Effects of power training on mechanical efficiency in kumpung. **Eur J Appl Physiol.** v. 91, n. 2-3, p. 155-159, 2004.

LAFFAYE, G.; BARDY, B.; TAIAR, R. Upper-limb motion and drop jump: effect of expertise. **J Sports Med Phys Fitness.** v. 46, n. 2, p. 238-247, 2006.

LESS, A.; FAHMI, E. Optimal drop height for plyometric training. **Ergonomics.** v. 37, n. 1, -, p. 141-48, 1994.

LÓPEZ, D.; ALONSO, J.; FERNÁNDEZ, J. Metodología Del entrenamiento pliométrico. **Rev Int Med Cienc Act Fís Deporte.** v. -, n. 12, p. 1-10, 2003. Disponível em: <http://cdeporte.rediris.es/revista/revista.html>. Acesso em: 6 de jul. de 2004.

MALISOUX, L.; FRANCAU, M.; NIELENS, H.; THEISEN, D. Stretch-shortening cycle exercise: an effective training paradigm to enhance power output of human single muscle fibers. **J Appl Physiol.** v. 100, n. 3, p. 771-779, 2006. Disponível em: www.jap.org Acesso em: 15 de jul. de 2007.

MARKOVIĆ, G.; JUKIĆ, I.; MILANOVIĆ, D.; METIKOŠ, D. Effects of sprint and plyometric training on morphological characteristics in physically active men. **Kin.** v. 37, n. 1, p. 32-39, 2005.

MARKOVIĆ, G.; NEWTON, R. Does plyometric training improve vertical jump height? A meta-analytic review. **Br J Sports Med.** v. 41, n. 6, p. 349-355, 2007. Disponível em: www.bjsportsmed.com Acesso em: 27 de mar. de 2009.

MARQUES JUNIOR, N. K. Metabolismo energético no trabalho muscular do treino competitivo ou do *fitness*. **Rev Min Educ Fís.** v. 9, n. 1, p. 63-73, 2001.

MARQUES JUNIOR, N. K. **Sugestão de uma periodização para o voleibol “amador” de duplas na areia masculino.** 185 f. Monografia (Pós-Graduação *Lato Sensu*), UGF, RJ, 2005. Disponível em: <http://educacaofisica.seed.pr.gov.br/> Acesso em: 4 de fev de 2009.

MARQUES JUNIOR, N. K. Adaptações fisiológicas do treino de força em atletas de desportos de potência. **Rev Min Educ Fís.** v. 13, n. 2, p. 43-60, 2005b.

MASSA, M.; BÖHME, M.; RIGOLIN DA SILVA, L.; UEZU, R. Análise de referenciais cineantropométricos de atletas de voleibol masculino envolvidos em processos de promoção de talentos. **Rev Mackenzie Educ Fís Esp.** v. 2, n. 2, p. 101-113, 2003. Disponível em: www.mackenzie.br/remef.html Acesso: 27 de mar de 2009.

MATAVULJ, D.; KUKOLJ, M.; UGARKOVIC, D.; TIHANYI, J.; JARIC, S. Effects of plyometric training on jumping performance in Junior basketball players. **J Sports Med Phys Fitness.** v. 41, n. 2, p. 159-164, 2001.

MILLER, M.; BERRY, D.; GILDERS, R.; BULLARD, S. Recommendations for implementing an aquatic plyometric program. **Strength Cond J.** v. 29, n. -, p. -, 2001.

MILLER, M.; HIRNIMAN, J.; RICARD, M.; CHEATHAM, C.; MICHAEL, T. The effect of a 6-week plyometric training program of agility. **J Sports Sci Med.** v. 5, n. -, p. 459-465, 2006. Disponível em: www.jssm.org Acesso em: 30 de mar. de 2009.

MORAES, A.; PELLEGRINOTI, I. O efeito de um ciclo de treinamento pliométrico no desenvolvimento da velocidade de deslocamento em jogadores de basquetebol infantil masculino. **Mov Percep.** v. 5, n. 7, p. 124-145, 2005. Disponível em: www.unipinhal.edu.br/movimentopercepcao Acesso em: 27 de mar. de 2009.

NICOL, C.; KOMI, P.; HORITA, T.; KYRÖLÄINEN, H.; TAKALA, T. Reduced stretch-reflex sensitivity after exhausting stretch-shortening cycle exercise. **Eur J Appl Physiol.** v. 72, n. 5-6, p. 401-409, 1996.

NOYES, F.; BARBER-WESTIN, S.; FLECKENSTEIN, C.; WALSH, C.; WEST, J. The drop screening test. **Am J Sports Med.** v. 33, n. 2, p. 197-207, 2005.

PALAO, J. M.; SAENZ, B.; UREÑA, A. Efecto de un trabajo de aprendizaje del ciclo estiramiento-acortamiento sobre la capacidad de salto en voleibol. **Rev Int Med Cienc Act Fís Deporte.** v. 3, n. -, p. 1-10, 2001. Disponível em: <http://cdeporte.rediris.es/revista/revista.html>. Acesso em: 21 de abr. de 2002.

REIS, V.; CARNEIRO, A.; NOVAES, J. Efeito do treino com multisaltos curtos na aptidão de aceleração, velocidade máxima e velocidade resistente. **Rev Bras Ciên**

Esporte. v. 26, n. 1, p. 111-119, 2004. Disponível em: www.rbceonline.org.br/ Acesso em: 29 de mar. de 2009.

REYMENT, C.; BONIS, M.; LUNDQUIST, J.; TICE, B. Effects of a four week plyometric training program on measurements of power in male collegiate hockey. **J Undergrad Kin Res.** v. 1, n. 2, p. 44-62, 2006.

RODRIGUES, H.; VILARINHO, R.; DUBAS, J.; PESSOA, T.; GUEDES, D.; MADUREIRA, F. Modificações morfofuncionais ocorridas em jogadores de futsal profissional submetidos a treinamento de pliometria aquática. **ENAF Sci.** v. 1, n. 1, p. 18-19, 2006.

RODRIGUES FILHO, J. Treinamento de força explosiva para jovens atletas de tênis de campo: pliometria para membros inferiores. **Mov Percep.** v. 8, n. 11, p. 155-168, 2007. Disponível em: www.unipinhal.edu.br/movimentopercepcao Acesso em: 27 de mar. de 2009.

ROSSI, L.; BRANDALIZE, M. Pliometria aplicada à reabilitação de atletas. **Rev Salus-Guarapuava-PR.** v. 1, n. 1, p. 77-85, 2007. Disponível em: www.unicentro.br/editora/revistas/salus Acesso em: 27 de mar. de 2009.

RUSSEL, K.; PALMIERI, R.; ZINDER, S.; INGERSOLL, C. Sex differences in valgus knee angle during a single-leg drop jump. **J Athletic Train.** v. 41, n. 2, p. 166-171, 2006. Disponível em: www.journalofathletictraining.org Acesso em: 27 de mar. de 2009.

SANTOS, P.; AVELA, J. Alterações no padrão de ativação e pré-ativação muscular, induzidas por diferentes cargas de alongamento, em exercícios de saltos em profundidade. In: BENTO, J.; MARQUES, A. (Eds.). **As ciências do desporto e a prática desportiva.** Vol. 2. Porto: Universidade do Porto, 1991. p. 291-300.

SPURRS, R.; MURPHY, A.; WATSFORD, M. The effect of plyometric training on distance running performance. **Eur J Appl Physiol.** v. 89, n. 1, p. 1-7, 2003.

SVANTESSON, U.; GRIMBY, G. Stretch-shortening cycle during plantar flexion in young and elderly women and men. **Eur J Appl Physiol.** v. 71, n. 5, p. 381-385, 1995.

TUBINO, M. J. G.; MOREIRA, S. B. **Metodologia científica do treinamento desportivo.** 13ª ed. Rio de Janeiro: Shape, 2003. p. 370-378.

TURNER, A.; OWINGS, M.; SCHWANE, J. Improvement in running economy after 6 weeks of plyometric training. **J Strength Cond Res.** v. 17, n. 1, p. 60-67, 2003.

VERKHOSHANSKI, Y. Legkaya atletika. **Yessis Rev Soviet Physic Educ Sport.** v. -, n. -, p. -, 1967.

VERKHOSHANSKI, Y. **Força: treinamento da potência muscular.** Londrina: CID, 1996. p. 9-198.

VIITASALO, J.; HÄMÄLÄINEN, K.; MONONEN, H.; SALO, A.; LAHTINEN, J. Biomechanical effects of fatigue during continuous hurdle jumping. **J Sports Sci.** v. 11, n. 6, p. 503-509, 1993.

VIITASALO, J.; SALO, A.; LAHTINEN, J. Neuromuscular functioning of athletes and non-athletes in the drop jump. **Eur J Appl Physiol.** v. 78, n. 5, p. 432-440, 1998.

YOUNG, W. B.; WILSON, G. J.; BYRNE, A. Comparison of drop jump training methods: effects on leg extensor strength qualities and jumping performance. **Int J Sports Med.** v. 20, n. 5, p. 295-303, 1999.