

**MODALIDADES ESPORTIVAS:
IMPACTO, LESÕES E A FORÇA DE REAÇÃO DO SOLO**

SPORTS MODALITIES: IMPACT, LESIONS AND THE GROUND REACTION FORCE

Luana Mann*
Julio Francisco Kleinpaul**
Clarissa Stefani Teixeira***
Carlos Bolli Mota****

RESUMO

O objetivo do presente estudo foi desenvolver uma revisão bibliográfica relacionada às forças impostas ao corpo humano em diversas modalidades esportivas, a fim de minimizar os riscos potenciais de lesão inerentes à prática, identificar peculiaridades de cada modalidade esportiva e verificar como a técnica de execução atua nas forças que agem sobre o sistema musculoesquelético. Para isso foi realizada uma busca em bases de dados de estudos relacionados à componente vertical da força de reação do solo (FRS), ao impacto e a lesões durante a realização de diversos esportes. Os resultados demonstram que durante o gesto desportivo dois momentos merecem grande destaque quanto ao alto potencial lesivo para as estruturas musculoesqueléticas, a saber, os saltos e as aterrissagens. A magnitude destas forças pode variar com a técnica, velocidade e superfície de contato. Por meio de uma prática esportiva orientada e sistematizada com ênfase na execução correta dos movimentos, pode-se diminuir o potencial lesivo.

Palavras-chave: Esportes. Força de reação do solo. Lesão.

INTRODUÇÃO

Com o crescente número de adeptos de atividades físicas, lesões e impactos decorrentes de sua prática devem ser relacionados quando se busca enfatizar os benefícios da prática de exercícios físicos periódicos tanto a nível recreacional como competitivo. Esportes geralmente envolvem situações de colisão do corpo contra uma superfície externa fixa, como choques contra a estrutura de uma quadra ou uma queda no solo. Choques também podem ocorrer quando o corpo em movimento colide com um segundo corpo que está livre para se mover ou

está se movendo, como, por exemplo, em desportos coletivos em geral. Neste sentido, os esportes cujos fundamentos exigem impactos (handebol, voleibol, basquetebol, ginástica olímpica, judô, dentre outros) são aqueles nos quais os praticantes estão mais suscetíveis a lesões decorrentes das colisões resultantes das ações motoras realizadas (SANTOS; PIUCCO; REIS, 2007).

A força de reação do solo (FRS) é importante para avaliar a execução de um gesto desportivo e minimizar os efeitos da repetição de movimentos que podem ter alto potencial de lesão. Visto que são os membros inferiores que recebem a maior sobrecarga,

* Mestra. Professora Colaboradora do Laboratório de Biomecânica da Universidade Federal de Santa Maria-RS.

** Mestre. Professor Colaborador do Laboratório de Biomecânica da Universidade Federal de Santa Maria-RS.

*** Doutoranda. Programa de Pós-graduação da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis-SC.

**** Doutor. Professor da Universidade Federal de Santa Maria-RS.

devido aos constantes deslocamentos e saltos nas modalidades, os esportes, principalmente os que englobam saltos, são os mais preocupantes quando a força de reação do solo e a lesão estão relacionadas (SACCO et al., 2006). Da mesma forma, a aterrissagem ou o contato do pé com o solo constitui-se em uma importante fase de desaceleração para as estruturas nos movimentos esportivos, caracterizada basicamente pelo contato do indivíduo com o solo após uma fase de voo, representando, assim, uma situação na qual é considerável a sobrecarga mecânica aplicada ao aparelho locomotor.

Em esportes nos quais o salto pode ser de fundamental importância para a execução de um gesto motor qualquer existe uma maior tendência ao surgimento de lesões variadas. As solicitações físicas específicas de cada modalidade esportiva, bem como a influência do meio no caso de esportes de contato, geram lesões características, como é o caso das lesões mais frequentes dos membros inferiores (joelho e tornozelo) no futebol e basquetebol (SANTOS; PIUCCO; REIS, 2007).

Considerando-se a relevância do tema, o crescente interesse nessa área, as limitações que as lesões poderão provocar em praticantes de diferentes modalidades esportivas, bem como a importância da tomada de medidas preventivas, o objetivo do presente estudo é identificar as peculiaridades de cada modalidade esportiva, as precauções e cuidados inerentes a sua prática, e como a técnica de execução atua nas forças que agem sobre o sistema musculoesquelético, por meio de uma revisão de literatura que relacione lesões, impacto e força de reação do solo.

METODOLOGIA

Foram realizadas buscas de estudos relacionados à componente vertical da força de reação do solo, ao impacto e a lesões durante a realização de diversos esportes nas bases de dados eletrônicas *ScienceDirect*[®] (*Elsevier*), *Schoolargoogle*, *LILACS*[®] (Literatura Latino-Americana e do Caribe em Ciências da Saúde), *Scopus*[®], *SciELO*[®]

(*Scientific Electronic Library Online*) e *PubMed Central*[®]. A seleção dos descritores utilizados no processo de revisão foi efetuada mediante consulta aos DECs (descritores de assunto em ciências da saúde da BIREME). Nas buscas foram considerados os seguintes descritores, em língua portuguesa e inglesa: impacto; lesão; força de reação do solo; exercício físico; e suas respectivas traduções para a língua inglesa. Recorreu-se aos operadores lógicos “AND” e “OR” para combinação dos descritores e termos utilizados para rastreamento das publicações.

A busca nas bases eletrônicas de dados foi realizada no mês de dezembro de 2008. Com o procedimento de busca foram identificadas, inicialmente, 72 publicações potencialmente elegíveis para inclusão nesta revisão.

Para definir quais destas fariam parte da revisão adotaram-se os seguintes critérios de inclusão:

- 1) o estudo ser publicado na língua portuguesa ou inglesa;
- 2) ter sido publicado no período de 1997 a 2008 no formato de artigo original de periódicos;
- 3) ter sido publicado nas considerações iniciais sobre o tema, sem preocupação com o período de publicação;
- 4) verificar a FRS durante a realização de alguma modalidade esportiva (sem distinção quanto a ter esta ocorrido no primeiro ou no segundo pico de força vertical);
- 5) relacionar impacto e/ou lesão decorrentes da realização de alguma modalidade;
- 6) os indivíduos não sofrerem patologias;
- 7) não considerar o número de indivíduos avaliados.

Foram excluídos os estudos que verificaram a FRS durante a atividade do andar.

Ao final atenderam a todos quesitos para inclusão 26 estudos, cujas principais características descritivas estão nos Quadros 1 e 2. As 26 produções científicas selecionadas compreendem 11 publicações nacionais e 15 internacionais. Destas, 21 são artigos originais, 4 são artigos de revisão e uma, dissertação.

| Autor/Ano | n | Modalidade | Sexo | Nível dos sujeitos | Gesto analisado | Instrumento |
|----------------------------------|-----|------------------------|-------|--------------------------|--------------------------------|-------------------------------------|
| Acquesta et al. (2007) | 8 | Basquetebol | F | Atletas (nível nacional) | Aterrissagem do salto | Plataforma de força |
| Decker et al. (2003) | 20 | Voleibol e basquetebol | M e F | Atletas recreacionais | Aterrissagem do salto | Plataforma de força |
| Dayakidis e Boudolos (2006) | 32 | Basquetebol | M | Atletas | Movimento ofensivo e defensivo | Plataforma de força |
| Sacco et al. (2006) | 8 | Basquetebol | M | Atletas | Salto e aterrissagem | Plataforma de força |
| Santos et al. (2007) | 9 | Handebol | - | Atletas universitários | Aterrissagem do salto | Acelerômetro |
| Santos, Piucco e Reis (2007) | 1 | Voleibol | - | Atleta universitário | Aterrissagem do salto | Acelerômetro |
| Sacco et al. (2004) | 8 | Basquetebol | - | Atletas | Salto e aterrissagem | Plataforma de força |
| Zhang et al. (2005) | 9 | Basquetebol | M | Atletas colegiais | Aterrissagem | Plataforma de força |
| Vescovi, Canavan e Hasson (2008) | 20 | Basquetebol | F | Atletas recreacionais | Aterrissagem de salto | Plataforma de força |
| Messina, Farney e De Lee (1999) | 200 | Basquetebol | M e F | Atletas profissionais | Diagnóstico e local das lesões | Questionário |
| Myer et al. (2006) | 18 | Voleibol | F | Atletas universitárias | Salto vertical | Plataforma de força e Cinemática 3D |
| Salci et al. (2004) | 16 | Voleibol | M e F | Atletas estudantis | Aterrissagem de salto | Plataforma de força |

Quadro 1 - Características dos estudos com esportes coletivos.

(-) não referido; n: número de sujeitos do estudo; F: feminino; M: masculino.

| Autor/Ano | n | Modalidade | Sexo | Nível dos sujeitos | Gesto analisado | Instrumento de coleta de dados |
|---|--|-----------------|-------|-----------------------|-------------------------|------------------------------------|
| McNair, Prapavessis e Callender (2000) | 80 | Futebol e tênis | M e F | Recreacional | Aterrissagens de saltos | Plataforma De força |
| Almeida, Ribeiro-do-Vale e Sacco (2001) | 12 | - | M e F | Voluntários | Salto vertical | Eletromiógrafo |
| Pastre et al. (2005) | 68 | Atletismo | M e F | Atletas | Mecanismo de lesão | Entrevista |
| Abilel et al. (2002) | 16 | - | F | Voluntários | Aterrissagem | Plataforma De força |
| Brennecke, Amadio e Serrão (2005) | 10 | Capoeira | M e F | Atletas recreacionais | Aterrissagem e apoio | Plataforma De força |
| Esteves et al. (2007) | 1 | Taekwondo | M | Atleta | Chutes laterais | Acelerômetro |
| Santos (2003) | 63 | Judô | M e F | Atletas estaduais | Quedas ou choque | Plataforma de força e acelerômetro |
| Yu, Lin e Garrett (2006) | 60 | - | M e F | Estudantes | Aterrissagem de salto | Plataforma De força |
| Braga Neto et al. (2007) | 1 | Tênis | F | Atleta profissional | Técnica de saque | Plataforma de força |
| Hoffman; Liebermann e Gusic (1997) | 14 | - | M | Soldados | Aterrissagem de saltos | Plataforma De força |
| Parkkari et al. (2001) | Verificar a efetividade de métodos de prevenção de lesões esportivas | | | | | Revisão de literatura |
| Thacker et al. (1999) | Avaliar a efetividade de métodos utilizados para prevenção de lesões no tornozelo em atletas | | | | | Revisão de literatura |
| Derrick (2004) | Verificar a influência do ângulo de contato do joelho sobre a FRS e aceleração e a relação entre estas variáveis | | | | | Revisão de literatura |
| Elliott (1999) | Relacionar a biomecânica com as causas das lesões por excesso de treinamento | | | | | Revisão de literatura |

Quadro 2 - Características dos demais estudos.

(-) não referido; n: número de sujeitos do estudo; F: feminino; M: masculino.

A FORÇA DE REAÇÃO DO SOLO NAS MODALIDADES ESPORTIVAS

Em atividades esportivas nas quais os indivíduos e/ou atletas são expostos frequentemente a saltos e aterrissagens o índice de lesões e fraturas é alto (ELLIOTT, 1999; SALCI et al., 2004), principalmente na região do tornozelo (THACKER et al., 1999) e do joelho (MESSINA; FARNEY; DE LEE, 1999). A aterrissagem é uma ocorrência comum em atividades esportivas, notadamente naquelas que envolvem saltos, porém até mesmo a cotidiana descida de um degrau pode ser considerada como uma forma de aterrissagem e representa uma situação de estresse mecânico imposto ao aparelho locomotor (ABILEL et al., 2002).

Nesse contexto, Abilel et al. (2002) investigaram a FRS aplicada ao corpo durante aterrissagens inesperadas e esperadas. Os valores obtidos em ambas as situações foram de 5,18 vezes o peso corporal (PC) e 4,59 PC, respectivamente para aterrissagens inesperadas e esperadas, o que demonstra aumento expressivo das cargas externas em situações em que a queda é um evento inesperado. Os autores destacam que os indivíduos não modulam sua amplitude articular no joelho na fase de desaceleração, como se esperaria numa condição em que o estresse mecânico estivesse aumentado, sugerindo-se ainda, com as evidências obtidas, que o fator expectativa pode influenciar os mecanismos de controle utilizados em aterrissagens.

Adicionalmente, Salci et al. (2004) afirmam que o momento das aterrissagens é um dos de maior risco de lesão após os saltos. Como os saltos ou quedas são elementos de muitas modalidades terrestres (jogos coletivos, atletismo e ginástica), as aterrissagens merecem grande atenção no tocante à diminuição do risco de lesões, que podem ser causadas espontaneamente por torções, em função de fadiga ou fraqueza muscular advindas de uma prática extenuante ou inapropriada (PASTRE et al., 2005), ou por um contato com o adversário (SALCI et al., 2004), causando alterações fisiológicas nas articulações, ou ainda pela acumulação de microtraumatismos no decorrer do tempo de prática esportiva, em função de altos impactos sofridos nas aterrissagens (ELLIOTT, 1999). Parkkari et al. (2001)

apontam que o tipo, a frequência, a intensidade e a duração do treinamento, além de outros fatores - como excesso de peso, musculatura enfraquecida e falta de flexibilidade - podem predispor o indivíduo a lesões. Em complemento, Almeida, Ribeiro-do-Vale e Sacco (2001) afirmam que o salto é um movimento que exige o desenvolvimento de muita força, ativação muscular rápida e um alto grau de coordenação muscular, tanto para garantir o deslocamento de todo o corpo contra a ação da gravidade como para manter a postura em situação de instabilidade.

A magnitude dos choques depende do tipo de superfície (SANTOS, 2003), da velocidade final da queda e do tempo de desaceleração desta velocidade, sendo influenciada pela estratégia adotada pelo atleta após o contato com o solo e por fatores como o tipo de calçado utilizado e a massa corporal total do indivíduo. Uma técnica correta auxilia na minimização das forças que atuam sobre o sistema musculoesquelético e conseqüentemente gera menor número de lesões (SANTOS et al., 2007).

Decker et al. (2003) sugerem o gênero como possível fator de influência na FRS e impacto na realização de saltos e ou aterrissagens. Neste sentido, investigaram a FRS de homens e mulheres atletas recreacionais na realização da aterrissagem de um salto. Os resultados não se mostraram significativos entre os grupos, embora o grupo feminino tenha utilizado uma posição mais ereta no contato com o solo (maior grau de liberdade do quadril e do tornozelo e maior absorção de energia dos extensores do joelho e flexores plantares do tornozelo) em comparação com o grupo masculino, podendo ser esta uma estratégia de compensação muscular que justifique as semelhanças entre os grupos. Segundo Yu, Lin e Garrett (2006), um grande ângulo de flexão do quadril e joelho durante o contato inicial do pé com o solo não reduz necessariamente o impacto das forças durante a aterrissagem de um salto, mas um grande movimento ativo de flexão da articulação do quadril e do joelho pode reduzir a FRS. O movimento da articulação do quadril no contato inicial do pé com o solo pode ser considerado um fator técnico importante, pois afeta as cargas sobre o ligamento cruzado anterior durante a aterrissagem de um salto.

ESTUDOS RELACIONADOS AOS ESPORTES COLETIVOS

Segundo McNair, Prapavessis e Callender (2000), as forças aplicadas em grande magnitude e com grande número de repetições representam uma condição suficientemente crítica para o desenvolvimento de lesões por estresse. A técnica de execução representa um fator atenuante do impacto, e estes autores concluíram que técnicas de aterrissagem mais eficientes resultam em atenuações na magnitude da força de reação do solo. Da mesma forma, Hoffman, Liebermann e Gusic (1997), em estudo sobre a influência do uso de instruções relacionadas à cinemática das articulações para redução do impacto, concluíram que a diferença na FRS encontrada na aterrissagem de saltadores experientes e inexperientes pode ser devida à utilização mais eficiente da capacidade de atenuação de carga por parte da musculatura esquelética.

O estudo de Zhang et al. (2005) suporta os achados de Hoffman, Liebermann e Gusic (1997) quanto à influência da técnica sobre a atenuação das forças. Os resultados apresentados por Zhang et al. (2005) sugerem que os extensores do joelho desempenham importante papel na atenuação da sobrecarga mecânica gerada durante as aterrissagens. Evidências foram encontradas de que o aparelho locomotor experiencia cargas relativamente altas durante a realização dos movimentos típicos do basquetebol, fato que, quando associado à frequência de exposição dos atletas, pode explicar as lesões características da modalidade. Deve-se considerar que um melhor entendimento acerca desta questão ainda depende de uma análise do volume de aplicação destas cargas, visto que o desempenho do salto não possui influência determinante na carga gerada nas aterrissagens, o que permite concluir que a estrutura de movimento pode desempenhar papel de destaque no controle das forças externas geradas nas aterrissagens (ZHANG et al., 2005).

Acquesta et al. (2007) evidenciaram uma considerável independência entre indicadores de carga e a altura de queda, fato que corrobora a ideia de que a técnica de movimento possui maior influência na atenuação das forças externas do que a altura da queda isoladamente.

Essas considerações foram obtidas analisando-se os parâmetros da FRS de jogadores profissionais em seis movimentos típicos do basquetebol: arremesso em suspensão (*jump*), salto com contramovimento (*jump & reach*), bandeja, rebote e corrida com bola rápida e lenta. Os valores médios de pico da componente vertical da FRS oscilaram de 2,7 a 8,9 PC. Na decolagem do *jump & reach* os valores foram de 2,7 PC, e na aterrissagem da bandeja, *jump* e no rebote foram respectivamente de $7,27 \pm 2,71$ PC, $4,5u \pm 1,10$ PC e de $5,39 \pm 1,26$ PC. Os resultados evidenciam que o aparelho locomotor é submetido a uma carga mecânica relativamente alta durante os movimentos analisados. Já em relação à velocidade de execução da corrida com bola, os valores do primeiro pico de FRS foram de 2,16 PC para a velocidade de 6m/s e de 1,85 PC para a velocidade de um/s, indicando as condições de desaceleração do membro inferior e a conseqüente transmissão do choque mecânico ao aparelho locomotor durante a corrida. Em relação à fase propulsiva da corrida com bola, os valores foram respectivamente de 2,48 PC e 2,52PC para o segundo pico de FRS. Esses resultados sugerem que as forças características relacionadas à desaceleração do membro inferior e a fase propulsiva da corrida não foram influenciadas pela condução da bola, evidenciando que nem o controle do choque mecânico nem a produção de força propulsiva foram afetadas pela execução da tarefa em questão.

Lesões como instabilidade funcional de tornozelo são danos frequentes decorrentes de esportes que exigem corridas, saltos e bruscas mudanças de direção. Dayakidis e Boudolos (2006) avaliaram a FRS em atletas de basquetebol com instabilidade funcional unilateral de tornozelo (GE) e atletas sem a instabilidade (GC), durante dois movimentos denominados *v-cut* (movimento ofensivo realizado para se desmarcar do adversário, fazendo uma breve corrida e mudando rapidamente de direção) e *shuffle* (movimento defensivo em que o jogador se move lateralmente), ambos realizados com velocidade. Para o primeiro movimento os valores obtidos foram estatisticamente diferentes, sendo 3,58 PC e 2,97 PC respectivamente para o GE e o GC. Foi observado um rápido aumento da FRS nos

primeiros instantes após o contato com o solo e diminuição relativa no tempo do pico máximo no GE. Para o movimento *shuffle* não houve diferença. Segundo os autores, embora o aumento da força vertical seja um forte indicativo de lesão, os resultados mostram uma resposta neuromuscular que torna a articulação do tornozelo mais estável, evitando as forças de inversão excessiva e dissipando efetivamente as cargas de impacto. Os aumentos da FRS vertical notados no estudo em indivíduos com instabilidade de tornozelo durante o movimento *v-cut* podem predispor a lesões e danos musculoesqueléticos. Por outro lado, cargas de impacto inconstantes nas direções médio-lateral e vertical podem ser manobras específicas de perda de energia, contudo permitem uma dissipação mais efetiva das cargas, o que torna a articulação do tornozelo mais estável e evita forças de inversão excessivas. Não obstante, os autores ressaltam que a divergência dos resultados obtidos pode ser atribuída às diferentes intensidades com que os indivíduos executaram o teste, uma vez que esta não foi controlada, apenas solicitou-se a execução dos movimentos com esforço máximo.

Na modalidade handebol o arremesso em suspensão é um dos fundamentos mais utilizados em treinos e jogos, sendo a aterrissagem do arremesso (fase de colisão contra uma superfície externa fixa) a fase na qual o corpo é submetido a forças de alto impacto com rápida desaceleração (SANTOS; PIUCCO; REIS, 2007). Tais forças, segundo Derrick (2004), atuam individualmente nos segmentos corporais que recebem o impacto e logo depois são transmitidas através do sistema esquelético para o restante do corpo, podendo ocasionar choque nas articulações.

Estratégias de minimização de impacto, de FRS e melhora do desempenho nos saltos através da realização de exercícios pliométricos ainda são controversas. Segundo Vescovi, Canavan e Hasson (2008), é difícil melhorar o desempenho no salto e reduzir a FRS com um único programa de treinamento. Neste sentido obtiveram uma redução acentuada na FRS em atletas de basquetebol após seis meses de treinamento, porém o desempenho no salto não diferiu. Por outro lado, no estudo de Myer et al. (2006) houve uma melhora no desempenho do

salto vertical, sem mudança na FRS com um programa de pliométria de sete semanas. Por outro lado, Vescovi, Canavan e Hasson (2008) ressaltam que, devido ao grande número de repetições de saltos e mudanças de direção a que os atletas são submetidos durante treinos e competições, devem ser estudados programas que venham a minimizar as forças impostas nessas situações.

A mobilidade e a atividade muscular dos membros inferiores podem influenciar a magnitude das forças de impacto sobre as articulações. Ressalta-se a importância dos músculos flexores plantares para reduzir as magnitudes de FRS associadas à aterrissagem, as quais, segundo a literatura, ficariam minimizadas com o uso de órteses (SACCO et al., 2004).

O uso de implementos é alvo de recentes estudos (SACCO et al., 2004; SACCO et al., 2006). Sacco et al. (2004) avaliaram a FRS de jogadores de basquetebol saudáveis, objetivando identificar se haveria menor risco de lesão com o uso de algum tipo de implemento durante a execução do salto e da aterrissagem. Dois tipos de implemento no tornozelo foram testados: tornozeleira tipo *Air-stirrup* (*Aircast Inc.*) e bandagem, e a situação sem implemento (tênis habitualmente utilizados pelos atletas na prática do basquete) também foi testada. Os resultados encontrados apontam que não houve diferença estatisticamente significativa entre as três condições de estudo, seja para a aterrissagem seja para a impulsão. Segundo os autores, apesar destes achados, observam-se tendências na componente vertical. Durante o movimento de salto, por exemplo, a situação com bandagem tende a apresentar maior pico de força vertical no momento da impulsão em relação às duas outras condições, sugerindo que o uso da bandagem resulta em maior força vertical na impulsão em um menor intervalo de tempo. Dessa forma, estas considerações poderiam ser interpretadas como se essa força de reação resultante da força de impulsão otimizasse o salto vertical, uma vez que o atleta consegue atingir maior força de impulsão no salto de maneira mais rápida, melhorando sua *performance*. Já durante a aterrissagem, a condição com bandagem tende a apresentar

menor valor de pico de força vertical em relação à situação com tênis e *Aircast*.

O contato do pé com o solo e o momento de propulsão também foram testados mais recentemente por Sacco et al. (2006) nas mesmas condições do estudo citado acima. No momento de contato do pé com o solo não houve diferenças significativas entre as três condições avaliadas, mas no momento de propulsão os valores foram estatisticamente diferentes, sendo de $2,02 \pm 0,26$ PC (com tênis habitualmente utilizado), $1,44 \pm 0,13$ PC (*Aircast*) e $1,50 \pm 0,17$ PC (com bandagem). Dados sobre o uso desses implementos também são investigados pelos autores. Aproximadamente 50% dos atletas relatam fazer uso de *Aircast* e/ou bandagem durante os treinos para prevenir entorse no tornozelo, e destes, 75% relatam ter sofrido entorse em um dos tornozelos e 66% em ambos os tornozelos.

Segundo Sacco et al. (2006), o uso dos implementos no tornozelo diminui a mobilidade articular e pode ajudar a prevenir as entorses, tendo a bandagem, dessa forma, um papel efetivo de amortecimento do impacto, em virtude de o aumento da FRS ser mais lento durante a chegada ao solo. Assim, a sobrecarga é distribuída mais uniformemente entre os segmentos do membro inferior e o sistema musculoesquelético consegue adaptar-se e responder melhor às sobrecargas.

A FORÇA DE REAÇÃO DO SOLO NOS ESPORTES INDIVIDUAIS

Em modalidades como o tênis o piso usado para o jogo, e até mesmo a técnica utilizada para a realização do saque, são fatores que influenciam a FRS. Neste sentido, Braga Neto et al. (2007) analisaram duas técnicas distintas de saque na modalidade de tênis de campo. Os valores encontrados foram de 1,14 PC para o saque *foot-back* e, de 1,79 PC para a técnica de saque *foot-up*. A técnica *foot-up* (aproximação dos membros inferiores com o objetivo de realizar impulsão com ação efetiva dos mesmos), segundo os autores, é caracterizada por uma maior magnitude de FRS vertical em relação à sua componente horizontal, devido à maior altura do impacto raquete-bola apresentada pelos adeptos desta técnica. A *foot-*

back, técnica que consiste na manutenção de um maior afastamento ântero-posterior entre os membros inferiores, mostrou grande magnitude de FRS horizontal, em função de seus praticantes apresentarem um maior avanço anteroposterior em direção à rede durante o primeiro passo após o saque. O conhecimento das magnitudes de força aplicadas na execução de cada técnica de saque é útil para determinar a técnica mais apropriada para cada público.

Da mesma forma que ocorre na modalidade de tênis de campo, a FRS durante a execução de movimentos de capoeira também deve ser esclarecida. Brennecke, Amadio e Serrão (2005) avaliaram quatro movimentos da denominada *armada pulada* (movimento defensivo e ofensivo de balanço do corpo) e o movimento em parafuso, em que, após desprender a *armada pulada*, o praticante ainda executa um chute no mesmo sentido com a outra perna e durante a aterrissagem executa o chute que foi adicionado neste golpe. O terceiro movimento é denominado *negativa fechada*. Nesse movimento, partindo da ginga, o atleta leva uma perna com o joelho estendido adiante do corpo e ao mesmo tempo flexiona o joelho da perna contralateral, projetando-se em direção ao solo, freando a queda com o apoio das duas mãos no solo; a seguir tenta “encaixar” o dorso do pé do membro inferior estendido à frente no tornozelo do adversário e, com um rápido movimento auxiliado pelo apoio das mãos no solo, volta à posição inicial tentando “puxar” com o pé o adversário. O último movimento, denominado *martelo*, consiste em um golpe rápido no qual o executante, partindo da ginga, dá um chute alto no sentido medial.

Foram avaliados 10 capoeiristas experientes. Os valores encontrados foram de $1,36 \pm 0,17$ PC para o movimento denominado *martelo* e de $1,91 \pm 0,36$ PC para o movimento *negativa fechada*, valores de $5,15 \pm 2,06$ PC para o movimento *parafuso* e de $4,67 \pm 1,65$ PC para o movimento *armada pulada*.

Brennecke, Amadio e Serrão (2005) afirmam que, baseados nos valores de força obtidos, os movimentos *negativa fechada* e *martelo* podem ser inseridos nas fases iniciais do programa de treinamento, ao passo que o *parafuso* e a *armada pulada*, movimentos cujas exigências mecânicas e motoras são maiores,

devem ser inseridos posteriormente no programa de treinamento. Não obstante, os autores ressaltam que a interpretação dos resultados exige cautela, uma vez que a sobrecarga mecânica recebida depende essencialmente das condições mecânicas das estruturas osteomioarticulares dos praticantes, bem como do seu nível de condicionamento físico.

Outras artes marciais, do mesmo modo, oferecem grande potencial lesivo para seus praticantes. Segundo Esteves et al. (2007), o percentual de lesões de membros inferiores em atletas de *taekwondo* é de cerca de 56%, e 21% delas ocorrem na estrutura dos pés, sendo os valores dos impactos considerados elevados, agravados que são pelo grande número de repetições em curto espaço de tempo. Outro fator importante é o intervalo de duração desses impactos, os quais ocorrem em um tempo relativamente curto e podem facilmente acarretar fraturas nos ossos. Por esse motivo os mesmos autores avaliaram os impactos do chute *bandal tchagui* do *taekwondo*, em um atleta do gênero masculino e faixa preta 2º *Dan*. Os resultados mostram que os chutes analisados apresentam as mesmas características, gerando altos valores de força e impacto. De acordo com dados informados pelo atleta, o número de chutes em cada sessão pode variar de 150 a 300 repetições de acordo com o período de treinamento. Essa repetição expõe o sistema musculoesquelético a um processo de fadiga intensa, impedindo sua completa recuperação e, devido aos altos valores de impacto nos chutes, a estrutura do pé também se torna suscetível a lesões.

Os tipos de superfície, que podem ser um fator determinante de lesões durante a realização de artes marciais, foram objeto do estudo de Santos (2003). Foram avaliadas as forças transmitidas por diferentes tipos de tatames ao corpo do judoca (mão, quadril e pé). Os tatames avaliados possuíam as seguintes especificidades: tatame A - tradicional com placa de copolímero etileno acetato de vinila (EVA), texturizado e siliconizado; tatame B - Vinisoft sintético, com duas placas de EVA, recheado com espuma aglomerada AG 100, coberto com lona vinílica; tatame C - de palha de arroz prensada e costurada, coberta com lona de algodão; tatame D - de espuma reconstituída de grânulos de

poliuretano reciclados de 0,8 cm de diâmetro aglutinada com adesivo de poliuretano especial bicomponente, coberto por lona de vinil impermeável com base de látex antiderrapante; e três tatames emborrachados EVA, chamados de "E", "F" e "G", antialérgicos, inodoros e atóxicos, cujas características são: tatame E - com densidade de 142 kg/m³; tatame F - com densidade de 113 kg/m³; e tatame G - 200,0 x 100,0 x 3,2 cm. Na mão do judoca, os valores mais altos foram encontrados nos tatames A (2,2 PC), C (2,3 PC) e E (1,3 PC). Com relação ao segmento corporal quadril, os valores mais altos foram obtidos nos tatames C (6,9 PC) e E (6,7 PC). Quanto ao segmento corporal pé, os valores mais altos foram obtidos nos tatames B (5,3 PC) e A (4,3 PC). Segundo o autor, os resultados podem ser justificados pela especificidade do movimento, porquanto, além da massa do judoca que cai, existem a força gravitacional e a força aplicada ao movimento daquele que está projetando. Os tatames A, G e F possuem propriedades que permitem maior restituição em maior tempo de impacto, fato que justifica serem estes três tatames considerados como os mais confortáveis para a prática dos *ukemis*. Independentemente dos tipos de tatame analisados, os altos valores de impactos recebidos pelo corpo do judoca ao colidir com o tatame, mesmo sendo contatos curtos, podem gerar danos ao organismo, principalmente quando somados aos anos de prática.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A literatura científica ainda é escassa e a interpretação dos resultados referentes às forças e impactos aos quais o corpo humano é submetido durante a realização de modalidades esportivas ainda é controversa.

A importância de realizar estudos que quantifiquem o impacto característico de cada modalidade está relacionada aos benefícios adicionais para aperfeiçoar a prescrição de exercícios e prolongar a saúde do atleta e praticante.

Cada modalidade apresenta características peculiares que afetam a magnitude das forças sobre o sistema musculoesquelético, mas o uso de implementos para reduzir os impactos

(principalmente em esportes coletivos), o número de repetições de cada movimento, a velocidade de execução, a superfície em que se pratica a modalidade e o tipo de técnica utilizado são fatores que afetam diretamente o impacto e os índices de lesão. Em iniciantes, fatores como o volume de treino, movimentos rápidos e superfícies inadequadas são ainda

mais agravantes pelo fato de eles não possuírem estrutura musculoesquelética para suportar tais situações, o que os torna mais suscetíveis a lesões. Outro fator que interfere na magnitude de impacto é o nível técnico dos atletas e praticantes, visto que técnicas mais apuradas podem reduzir significativamente os impactos e, com isto, os riscos de lesão.

SPORTS MODALITIES: IMPACT, LESIONS AND THE GROUND REACTION FORCE

ABSTRACT

The objective of this study was to develop a bibliographic review related to the forces imposed to the human body in many sports modalities with the intention of minimizing the potential risks of lesion inherent to the practice, to identify peculiarities of each sport modality, and how the technique works for implementing the forces that act on the muscle-skeletal system. In order to achieve these objectives a search was performed in data bases on studies related to the vertical component of the ground reaction force (FRS), impact and lesions during the practice of varied sports. The results showed that during sport's gesture, both, the jumps and the landings, deserve great attention regarding the high lesion potential for the skeletal-muscle structures. The magnitude of these forces may vary according to the technique, velocity and contact surface. A correct technique helps in the minimization of the forces that act on the skeletal-muscle system, and consequently produces a lower number of lesions.

Keywords: Sports. Ground reaction force. Lesion.

REFERÊNCIAS

ABILEL, B. S. et al. Características dinâmicas, cinemáticas e eletromiográficas das aterrissagens em situações esperadas e inesperadas. **Revista Brasileira de Biomecânica**, São Paulo, v. 3, n. 4, p. 45-50, 2002.

ACQUESTA, F. M. et al. Características dinâmicas de movimentos selecionados do basquetebol. **Revista Portuguesa de Ciência do Desporto**, Porto, v. 7, n. 2, p. 174-182, 2007.

ALMEIDA, M. J. R.; RIBEIRO-DO-VALE, L. E.; SACCO, I. C. N. Assimetria interlateral da atividade muscular dos membros inferiores no salto vertical. **Revista Brasileira de Biomecânica**, São Paulo, v. 2, p. 69-78, 2001.

BRAGA NETO, L. et al. **Características dinâmicas para duas técnicas aplicadas ao saque no tênis de campo**. 2007. Disponível em: <<http://www2.uol.com.br/tenisbrasil/instrucao/ciencia/ciencia-cong.htm>>. Acesso em: 7 jun. 2007.

BRENNECKE, A.; AMADIO, A. C.; SERRÃO, J. C. Parâmetros dinâmicos de movimentos selecionados da Capoeira. **Revista Portuguesa de Ciência do Desporto**, Porto, v. 5, n. 2, p. 153-159, 2005.

DAYAKIDIS, M. K.; BOUDOLOS, K. Ground reaction force data in functional ankle instability during two cutting movements. **Clinical Biomechanics**, Chicago, v. 21, p. 405-411, 2006.

DECKER, M. J. et al. Gender differences in lower extremity kinematics, kinetics and energy absorption during landing. **Clinical Biomechanics**, Chicago, v. 18, p. 662-669, 2003.

DERRICK, T. R. The effects of knee contact angle on impact forces and accelerations. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Indianápolis, v. 36, no. 5, p. 832-837, 2004.

ELLIOTT, B. C. Overuse injuries in sport: a biomechanical approach. **Sports & Exercise**, Netherlands, v. 3, p. 1-6, 1999.

ESTEVES, A. C. et al. Impacto no eixo ântero-posterior no chute bandal tchagui do taekwondo. **Revista Digital**, Buenos Aires, año 11, n. 10, Ene. 2007. Disponível em: <<http://www.efdeportes.com/efd104/taekwondo.htm>>. Acesso em: 19 set. 2007.

HOFFMAN, J. R.; LIEBERMANN, D.; GUSIS, A. Relationship of leg strength and power to ground reaction forces in both experienced and novice jump trained personnel. **Aviation, Space, and Environmental Medicine**, Alexandria, v. 68, no. 8, p. 710-714, 1997.

MCNAIR, P. J.; PRAPAVESSIS, H.; CALLENDER, K. Decreasing landing forces: effect of instruction. **British Journal of Sports Medicine**, London, v. 34, no. 4, p. 293-296, 2000.

MESSINA, D.; FARNEY, W.; DE LEE, J. The incidence of injury in Texas high school basketball. **The American Journal of Sports Medicine**, Chicago, v. 27, no. 3, p. 294-298, 1999.

MYER, G. D. et al. The effects of plyometric vs. dynamic stabilization and balance training on power, balance and landing force in female athletes. **Journal of Strength and Conditioning Research**, California, v. 20, p. 345-353, 2006.

PARKKARI, J. et al. Is it possible to prevent sports injuries? Review of controlled clinical trials and recommendations for future work. **Sports Medicine**, Chicago, v. 31, no. 14, p. 985-995, 2001.

PASTRE, C. M. Lesões desportivas na elite do atletismo brasileiro: estudo a partir de morbidade referida. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, São Paulo, v. 11, n. 1, p. 43-47, 2005.

- SACCO, I. C. N. et al. Influência de implementos para o tornozelo nas respostas biomecânicas do salto e aterrissagem no basquete. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, São Paulo, v. 10, n. 6, p. 447-452, 2004.
- SACCO, I. C. N. et al. Ground reaction force in basketball cutting maneuvers with and without ankle bracing and taping. **São Paulo Medicine Journal**, São Paulo, v. 124, no. 5, p. 245-252, 2006.
- SALCI, Y. et al. Comparison of landing maneuvers between male and female college volleyball players. **Clinical Biomechanics**, Chicago, v. 19, p. 622-628, 2004.
- SANTOS, S. G. **Estudo das características de impacto e da percepção humana de conforto na prática de ukemi em diferentes tatames**. 2003. 191 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção)-Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.
- SANTOS, S. G. et al. Relação entre alterações posturais, prevalência de lesões e magnitudes de impacto nos membros inferiores em atletas de handebol. **Fitness Performance Journal**, Rio de Janeiro, v. 6, n. 6, p. 388-393, 2007.
- SANTOS, S. G.; PIUCCO, T.; REIS, D. C. Fatores que interferem nas lesões de atletas amadores de voleibol. **Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano**, Florianópolis, v. 9, p. 189-195, 2007.
- THACKER, S. B. et al. The prevention of ankle sprains in sports. A systematic review of the literature. **The American Journal of Sports Medicine**, Chicago, v. 27, no. 6, p. 753-760, 1999.
- VESCOVI, J. D.; CANAVAN, P. K.; HASSON, S. Effects of a plyometric program on vertical landing force and jumping performance in college women. **Physical Therapy in Sport**, Livingstone, v. 9, no. 4, p. 185-192, 2008.
- YU, B.; LIN, C. F.; GARRETT, W. E. Lower extremity biomechanics during the landing of a stop-jump task. **Clinical Biomechanics**, Chicago, v. 21, p. 297-305, 2006.
- ZHANG, S. et al. Effects of various midsole densities of basketball shoes on impact attenuation during landing activities. **Journal of Applied Biomechanics**, Delaware, v. 21, no. 1, p. 3-17, 2005.

Recebido em 17/03/09

Revisado em 28/05/09

Aceito em 19/06/09

Endereço para correspondência: Luana Mann. Rua Major Gabriel, 148, Apto 07, Centro. Manaus, AM. Cep: 69020-610, Brasil. E-mail: luanamann@gmail.com