

UTILIZAÇÃO DO TREINAMENTO NEUROMUSCULAR E PROPRIOCEPTIVO PARA PREVENÇÃO DAS LESÕES DESPORTIVAS

Alberito Rodrigo de Carvalho¹

CARVALHO, A. R. Utilização do treinamento neuromuscular e proprioceptivo para prevenção das lesões desportivas. *Arq. Ciênc. Saúde UNIPAR*, Umuarama, v. 14, n. 3, p. 269-276, set./dez. 2010.

RESUMO: As lesões musculoesqueléticas apresentam alta prevalência no meio esportivo e, portanto, são necessárias medidas preventivas e, dentre estas, destacam-se os treinamentos proprioceptivo e neuromuscular. Porém, antes da sua aplicação, faz-se necessário buscar evidências sobre sua eficácia e sobre seus mecanismos de ação. Os objetivos desta revisão foram: a) conceituar termos relacionados ao controle neuromuscular e propriocepção; b) buscar evidências a favor do uso do treinamento neuromuscular e proprioceptivo, direcionados aos membros inferiores, como métodos de prevenção de lesões desportivas; e c) descrever os prováveis mecanismos neurofisiológicos envolvidos na adaptação ao treinamento neuromuscular e proprioceptivo. O controle neuromuscular é mais abrangente do que a propriocepção, já que esta última está mais relacionada com informações aferentes, que serão utilizadas pelo sistema nervoso central para produzir o controle motor adequado. Também se observou que há várias evidências que sustentam a implantação de programas de treinamento neuromuscular e proprioceptivo na rotina dos atletas com finalidade preventiva para as lesões desportivas. Entretanto, os mecanismos pelos quais essas intervenções protegem os atletas das lesões são menos compreendidos.

PALAVRAS-CHAVE: Propriocepção; Esportes; Vias aferentes.

USE OF THE NEUROMUSCULAR AND PROPRIOCEPTIVE TRAINING FOR PREVENTION OF THE SPORT LESIONS: REVIEW OF LITERATURE

ABSTRACT: The musculoskeletal injuries present high prevalence in sports and, therefore, are necessary preventive measures, and among these, it can stand the training and proprioceptive neuromuscular. However, before implementation, it is necessary to find evidence about its effectiveness and on their mechanisms of action. The objectives of this review were: a) conceptualize terms related to neuromuscular control and proprioception, b) to seek evidence for the use of neuromuscular and proprioceptive training, targeting the lower limbs, as methods of prevention of sports injuries, c) to describe the likely mechanisms neurophysiological involved in adaptation to neuromuscular and proprioceptive training. The neuromuscular control is broader than proprioception, since the latter is more related afferent information to be used by central nervous system to produce the appropriate motor control. It can also observed that there are several evidences that support the implementation of programs and proprioceptive neuromuscular training routine for athletes with preventive purpose against sports injuries. However the mechanisms by which these interventions protect athletes from injury are less understood.

KEYWORDS: Proprioception; Sports; Efferent pathways.

Introdução

Lesão desportiva pode ser entendida como qualquer tipo de ocorrência sofrida por um atleta, durante uma competição ou treino, que o obrigue a interromper sua atividade esportiva e o impeça de participar de, ao menos, um treino ou jogo (BRITO; SOARES; REBELO, 2009). O programa de saúde pública da Austrália reconheceu que as lesões desportivas são consequências do aumento da participação em atividade física e tem um efeito adverso tanto para o atleta quanto para sociedade e estado. Entretanto, as lesões desportivas não são parte inevitável da participação em programas de esporte e podem ser prevenidas e reduzidas. Apesar disso, uma avaliação do órgão de segurança nos esportes da Austrália concluiu que a base de evidência quanto à efetividade de uma gama de medidas preventivas é, em grande parte, inexistente (FINCH; LLOYD; ELLIOTT, 2009).

A etiologia das lesões desportivas engloba uma gama de fatores que pode estar relacionados

aos mecanismos traumáticos, específicos de cada modalidade esportiva, a fatores internos (idade, gênero, alteração anatômica, nível de força muscular, agilidade, histórico prévio de lesão, alterações posturais), a fatores externos (relação com o ambiente, nível de competição, número de jogos efetuados, tipo e volume de treinamento), a fatores biomecânicos; e os membros inferiores são locais bastante frequentes, nos quais se observa a ocorrência de tais lesões (CHAN et al., 2008, HINO et al., 2009, HOSHI et al., 2008, MOREIRA; GENTIL; OLIVEIRA, 2003, PASTRE et al., 2007, RIBEIRO et al., 2003, SILVA; ABDALLA; FISBERG, 2007).

O dano tecidual decorrente das lesões desportivas resulta em prejuízo funcional dos mecanorreceptores e, conseqüentemente, da atividade proprioceptiva e da função muscular (DOMINGUES, 2008). Assim, observa-se que a estabilidade articular funcional fica comprometida, sendo esta um requisito essencial para a realização de movimentos funcionais durante atividades esportivas e de vida diária, já que a estabi-

¹Docente do Curso de Fisioterapia da Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE) - Campus Cascavel, especialista em Fisioterapia Traumatológica Ortopédica (CBES) e em Fisiologia do Exercício (UNIFESP), mestrando no programa de Ciências do Movimento Humano da UFRGS - alberitorodrigo@gmail.com

Autor correspondente: Alberito Rodrigo de Carvalho, Clínica Escola de Fisioterapia da UNIOESTE (aos cuidados Prof. Alberito Rodrigo de Carvalho) - Rua Universitária, 1619, Jardim Universitário, CEP 85819-110 - Cascavel/PR - Brasil. Fone: (45) 3220-3000 / 3320-3751.

lidade articular torna a articulação capaz de retornar ao seu estado original após sofrer uma perturbação. A manutenção da estabilidade articular funcional depende de uma complexa interação de fatores, tais como congruência entre as superfícies ósseas, a restrição passiva das estruturas articulares, e as forças compressivas geradas pelo peso corporal e pela ação muscular. Apesar dos vários estudos que investigaram os mecanismos neuromusculares, de controle da estabilidade, em razão dos resultados conflitantes, ainda não há um mecanismo primário estabelecido (AQUINO et al., 2004).

Desta forma, o aprimoramento das funções proprioceptiva e neuromuscular desponta como um objetivo importante na reabilitação das lesões desportivas e alguns estudos sugerem que a incorporação dessas técnicas reduz a recidiva de lesões (EILS; ROSENBAUM, 2001, DOMINGUES, 2008, PAIZANTE; KIRKWOOD, 2007, VANMEERHAE GHE et al., 2008). Contudo, é de grande relevância saber se o treino proprioceptivo e neuromuscular, direcionado aos membros inferiores, é capaz de prevenir as lesões desportivas e não apenas reduzir a sua recidiva. Caso haja evidências científicas que sustentem a utilização desses recursos com abordagem preventiva, o entendimento dos mecanismos pelos quais isso se torna possível também é fundamental para que tais técnicas sejam aplicadas de forma a garantir a melhoria dos aspectos neurológicos, que afetam a capacidade funcional do corpo.

Com base no exposto acima, os objetivos dessa revisão de literatura foram: a) conceituar os termos relacionados ao controle neuromuscular e propriocepção; b) buscar evidências a favor do uso do treinamento neuromuscular e proprioceptivo, direcionados aos membros inferiores, como métodos de prevenção de lesões desportivas; c) descrever os prováveis mecanismos neurofisiológicos envolvidos na adaptação ao treinamento neuromuscular e proprioceptivo.

Desenvolvimento

Conceituação de termos relacionados à propriocepção e controle motor: questões semânticas

Para se entender todo o processo envolvido durante o treinamento funcional é importante que os principais conceitos relacionados a este tipo de intervenção estejam claros para aqueles profissionais interessados em aplicá-la. Além disso, observa-se que nem sempre a distinção conceitual entre os termos é utilizada e, em algumas situações, na clínica e no

treinamento, esses termos são compreendidos como sinônimos quando, na verdade, não são e representam aspectos diferentes, embora interdependentes, dentro do processo de treinamento funcional.

Entende-se por controle neuromuscular a ativação inconsciente dos restritores dinâmicos como consequência da entrada proprioceptiva, que ocorre na preparação para, e em resposta, à sobrecarga e ao movimento articular para restabelecer a estabilidade articular funcional. Assim, ele pode ser definido como sendo a resposta motora inconsciente para um estímulo aferente em relação à estabilidade articular dinâmica (CAMPOS; COURACCI-NETO 2004, LOUWA; GRIMMERB; VAUGHANC, 2006).

O sistema sensório-motor é uma parte complexa do controle neuromuscular que descreve tanto o processo de integração central, que ocorre na parte central do sistema nervoso, quanto o processo dos componentes sensoriais/motores envolvidos na manutenção da homeostase articular durante os movimentos. Sendo assim, o sistema sensório-motor descreve os mecanismos pelos quais o corpo é capaz de captar as informações do meio externo pelo sistema sensorial, convertê-las em sinais neurais e transmiti-las até os centros superiores (cérebro, cerebelo, núcleos da base e estruturas do tronco encefálico) nos quais essas informações serão processadas e integradas, de forma a permitir respostas motoras que resultarão na contração de músculos que, por sua vez, promoverão a estabilidade articular. Algumas vezes o termo propriocepção tem sido usado como sinônimo de sistema sensório-motor, porém, este último é mais global do que aquele primeiro e inclui as informações mecanoceptivas, termoceptivas e nociceptivas que chegam da periferia (CAMPOS; CORAUCCI-NETO, 2004).

O termo propriocepção pode ser definido como a percepção consciente e inconsciente do movimento, postura e posição articular. Trata-se de um subcomponente do sistema sensório-motor restrito apenas ao mecanismo e processo ao longo da via aferente do sistema sensório-motor (CAMPOS; CORAUCCI-NETO, 2004, HAGERT, 2010). Embora nem todos os autores concordem com a definição a seguir (STILLMAN 2002), há uma tendência na literatura de se considerar propriocepção como a soma da cinestesia e do senso de posição articular, sendo cinestesia a percepção do movimento articular (componente dinâmico), e senso de posição articular a consciência da posição articular no espaço (componente estático) (HUGHES; ROCHESTER, 2008, LEPHART; JARI, 2002); e essa definição será adotada nesta revisão.

O sistema proprioceptivo, então, é de grande importância, pois fornece sinais aferentes que servirão de base para o planejamento e controle motor (BRYAN; SCOTT 2002). O processo pelo qual o SNC utiliza as informações proprioceptivas para o controle motor pode ser dividido em dois mecanismos distintos: *feedback* e *feedforward* (CAMPOS; CORAUCCI-NETO 2004).

O mecanismo de *feedback* pode ser definido como um sistema reflexo reativo dos mecanorreceptores localizados na pele, articulações e músculos, que é dependente de experiências prévias relacionadas com o estímulo detectado e gera um fluxo contínuo de aferência, o qual é utilizado momento a momento para produção de uma resposta motora adequada durante a tarefa. Já o mecanismo de *feedforward* pode ser definido como um controle muscular antecipatório caracterizado pela ativação muscular que antecede o movimento, principalmente a partir de informações sensoriais visuais que orientam o sistema nervoso quanto à posição e movimentação dos segmentos corporais em relação aos outros segmentos do corpo e ao meio ambiente (CAMPOS; CORAUCCI-NETO 2004).

Evidências a favor do uso do treinamento neuromuscular e proprioceptivo com abordagem preventiva das lesões desportivas dos membros inferiores

Com base nos estudos controlados parece haver evidências de que é possível prevenir as lesões desportivas. Contudo, muitas questões relacionadas a esse tema ainda necessitam de respostas. Assim, investigações com bases epidemiológicas provenientes de ensaios clínicos com plano preventivo bem conduzido, especificado e com tempo de seguimento adequado são necessários para tornar válida a proposição de prevenção das lesões esportivas (PARKKARI; KUJALA; KANNUS, 2001). Como processo evolutivo do conhecimento científico, estudos posteriores a este último sugerem que a adoção de treinamento neuromuscular e proprioceptivo pode sim ter um caráter preventivo no meio esportivo.

Um estudo que incluiu jogadores adultos de times de futebol australiano verificou se a frequência de lesões ligamentares de joelho poderia ser reduzida após uma intervenção que combinou habilidades básicas do esporte e treinamento com desequilíbrios (instabilidade) como método proprioceptivo. Os times foram divididos aleatoriamente em grupo controle (que recebeu apenas treinamento com exercícios não específicos para a prevenção de lesão) e grupo in-

tervenção (que recebeu o treinamento proprioceptivo específico) e foram acompanhados durante um ano, período em que foi aplicado o protocolo de intervenção, feito o monitoramento da exposição a situações de risco de lesão e os estudos biomecânicos. Os autores concluíram que a intervenção foi potencialmente capaz de reduzir a incidência de lesões (FINCH; LLOYD; ELLIOTT, 2009).

Outro estudo longitudinal, de seis meses de duração, avaliou um grupo de 28 jogadores de voleibol, de ambos os sexos, antes e após um programa de intervenção proprioceptiva, quanto à incidência de lesões. O grupo não recebeu nenhum tipo de intervenção nos primeiros três meses de acompanhamento, e nos últimos três meses foi submetido a um protocolo proprioceptivo que seguiu as bases da terapia reequilibradora do aparelho locomotor. A intervenção produziu uma redução significativa na dor de tornozelo em atletas de ambos os sexos, e reduziu a dor no joelho entre as atletas do sexo feminino. Os autores concluíram que houve uma tendência de redução das lesões do tornozelo (VANMEERHAE-GHE et al., 2008).

Um protocolo de treinamento neuromuscular associado ao proprioceptivo (3 atividades básicas de aquecimento, 5 técnicas de alongamento para o tronco e extremidades inferiores, 3 exercícios para treino de força muscular, 5 exercícios de pliometria e 3 exercícios de agilidade específicos para o futebol) aplicado em atletas adolescentes da liga de futebol feminino dos Estados Unidos, com seguimento de dois anos, foi efetivo na redução de rupturas do ligamento cruzado anterior (LCA) decorrentes de mecanismos lesivos sem contato. No primeiro e no segundo ano foram acompanhadas 1041 e 844 atletas, respectivamente, no grupo que recebeu a intervenção. Já no grupo controle que realizou apenas os treinamentos rotineiros, no mesmo período, foram acompanhadas 1905 e 1913, respectivamente no primeiro e no segundo ano. Observou-se redução das lesões do LCA no grupo intervenção, em relação ao controle, de 88% na primeira temporada e 74% na segunda (MANDELBAUM et al., 2005).

A incidência das lesões no tornozelo também pode ser reduzida por meio de treinamento preventivo específico. Times da segunda e terceira divisão de voleibol holandês foram convidados para participar de um estudo que avaliou os custos efetivos de um programa proprioceptivo com prancha de equilíbrio para prevenção de entorses do tornozelo no voleibol. A duração do estudo foi de 36 semanas e a intervenção foi composta por 14 exercícios básicos em cima e fora da prancha de equilíbrio, com variações em cada

exercício e aumento gradual do nível de dificuldade e intensidade. Dentre as variáveis deste estudo, verificou-se a incidência de entorse a cada 1000 horas jogadas (período em que os atletas estão mais expostos a lesão). Os times foram aleatoriamente distribuídos em dois grupos: controle (50 times – 486 atletas) e intervenção (66 times – 641 atletas). Os resultados obtidos mostraram que houve menor incidência de entorse do tornozelo no grupo intervenção (0.5 por 1000 horas jogadas) do que no grupo controle (0.9 por 1000 horas jogadas) o que permite concluir que o treinamento proprioceptivo foi eficaz para reduzir a incidência de lesões (VERHAGEN et al., 2005).

Já outro estudo avaliou o efeito de um programa de treinamento proprioceptivo domiciliar não supervisionado sobre a incidência de recidivas dos entorses de tornozelo. Esta pesquisa teve seguimento de um ano, já que o risco de recidiva parece ocorrer apenas no primeiro ano após a lesão. Atletas com idade entre 12 e 70 anos com histórico de entorse de tornozelo nos últimos dois meses ao período de intervenção, e que receberam reabilitação esportiva convencional sem nenhuma orientação por parte dos autores, foram incluídos no estudo e aleatoriamente alocados em grupo intervenção (n=256) e controle (n=266). Os grupos foram também estratificados por sexo, tipo de matrícula (modalidade esportiva) e cuidados habituais com os entorses de tornozelo. O programa de intervenção teve duração de oito semanas; iniciou imediatamente após a admissão na pesquisa, mas não antes do final da etapa de reabilitação; e seguiu as mesmas orientações dos programas descritos na literatura, com grau de dificuldade e carga aumentados progressivamente. A incidência de recidiva foi contabilizada a cada 1000 horas de prática desportiva e foi menor no grupo intervenção (1.86 por 1000 horas) do que no grupo controle (2.90 por 1000 horas). A análise estatística também mostrou que o risco de recidiva foi significativamente menor no grupo intervenção (HUPPERETS; VERHAGEN; MECHELEN 2009).

Os estudos citados acima fizeram mensurações diretas da incidência de lesões frente às intervenções propostas. Encontrou-se ainda, estudos que quantificaram outras variáveis que podem estar relacionadas com o risco de lesão.

Acredita-se que um pobre controle neuromuscular do *core* do corpo, que inclui estruturas passivas da pelve e coluna toracolombar e contribuição ativa dos músculos do tronco, pode gerar um comportamento instável e predispor a lesão em todos os segmentos da cadeia cinética. Para avaliar a influência da propriocepção do *core* nas lesões do joelho,

atletas sem histórico de lesão do joelho e de ambos os sexos (n=277) foram inicialmente avaliados quanto à propriocepção do *core* por meio de testes ativos e passivos de reposicionamento do tronco e foram acompanhados por três anos. Os autores concluíram que o déficit proprioceptivo do *core* está associado com maior risco de lesão de joelho e pode predizer risco de lesão em atletas do sexo feminino (ZAZULAK et al., 2007). Estudos pilotos que aplicaram treinamento neuromuscular para o tronco evidenciaram aumento da força e do recrutamento dos músculos envolvidos na abdução do quadril em tarefas de ortostatismo nas atletas mulheres e essa condição aprimorou o alinhamento do membro inferior e diminuiu o valgismo de joelho e as cargas resultantes dos deslocamentos do tronco durante atividades esportivas (MYER et al., 2008).

O treino neuromuscular em jogadores de basquete masculino foi capaz de aprimorar a técnica de aterrissagem do salto de maneira tornando-a biomecanicamente segura, e essa condição pode diminuir a taxa de lesões ou a severidade com que elas ocorrem durante os jogos (LOUWA; GRIMMERB; VAUGHANC, 2006).

Uma boa capacidade proprioceptiva, teoricamente, é um requisito para prevenção de lesão e bom desempenho. Carvalho et al. (2007), submeteu um grupo de jogadores de futebol (grupo intervenção/n=23), sem histórico de lesões crônicas ou agudas nos membros inferiores, a um treinamento proprioceptivo duas vezes semanais e por dois meses. Os recursos proprioceptivos tiveram seus níveis de complexidade modificados progressivamente. Durante a intervenção foram inseridas atividades similares aos gestos esportivos do futebol associadas às condições de apoios monopodálicos, bipodálicos, desequilíbrios provocados pelo terapeuta ou pelo exercício, variações de intensidade e superfícies; privação da visão; deslocamentos multidirecionais; aceleração e desaceleração; exercícios em cadeias cinéticas fechada e aberta. O outro grupo de jogadores, da mesma equipe, não foi submetido ao treinamento proprioceptivo, mas recebeu estímulos físicos e técnico-táticos similares ao do grupo intervenção (grupo controle/n=23). Os autores avaliaram o efeito da intervenção proprioceptiva sobre a acuidade proprioceptiva do joelho, por meio de testes de reposicionamento ativo e passivo do joelho, e concluíram que a intervenção foi capaz de aprimorar tanto a cinestesia quanto o senso de posição; fato não observado no grupo controle. Assim, sugere-se que a melhora da acuidade proprioceptiva pode ser uma razão para a diminuição do risco de lesões.

Considerando a breve revisão acima, sugere-se que haja um real efeito preventivo quando se acrescenta às atividades esportivas rotineiras, exercícios que extraíam respostas musculares rápidas consequentes aos desequilíbrios e que exijam um controle do padrão de recrutamento muscular. Entretanto, para a presente revisão, não foi feita uma revisão metodológica sistematizada dos artigos selecionados para avaliar a força de evidência desses achados.

Prováveis mecanismos neurofisiológicos envolvidos na adaptação ao treinamento neuromuscular e proprioceptivo

Muito embora existam evidências que a aplicação do treino proprioceptivo e neuromuscular promove melhoras funcionais e biomecânicas, o mecanismo neurofisiológico pelo qual essas adaptações se processam é menos entendido. Contudo, algumas teorias foram elaboradas para facilitar a compreensão de como o organismo humano reage frente aos desafios gerados pela aplicação desses métodos de intervenção.

Uma das teorias sugere que o aprendizado motor ocorre em três etapas: o estágio cognitivo, fase que envolve a compreensão de como executar a tarefa; estágio associativo, no qual se faz o refinamento das competências; estágio autônomo, no qual a habilidade torna-se automática. O treinamento neuromuscular proporciona esse aprendizado, pois expõe o corpo a uma tarefa que é repetida várias vezes enquanto estímulos corretivos, por parte do terapeuta, são dados durante toda a execução do movimento. Assim, o aprendizado motor envolve a potencialização das funções cognitivas dirigidas objetivamente para um gesto motor e, por isso, é importante que a intervenção propicie tempo suficiente para a realização da tarefa e as correções serão menos necessárias após o aprendizado. Associadamente aos programas de treinamento neuromuscular direcionados para o gesto atlético, os terapeutas e treinadores devem preparar os atletas para situações de perturbações da estabilidade articular típicas do esporte, pois, caso contrário, o tempo de resposta motora para o restabelecimento da estabilidade articular pode ser muito prolongado e a ocorrência de lesão favorecida (BATE, 1997, FITZGERALD; AXE; SNYDER-MACKLER, 2000, LOUWA; GRIMMERB; VAUGHANC, 2006, PAGE, 2006, JU et al., 2010).

Outra teoria propõe que a estimulação dos mecanorreceptores das estruturas articulares, por meio de estímulos de instabilidade provocada, aumenta a atividade motora local e isso torna os fusos dos mús-

culos, relacionados às articulações envolvidas no movimento, mais sensíveis. Esse aumento da sensibilidade fusil gera um estado de prontidão muscular capaz de reagir mais rapidamente em situações de perturbação articular. Isso sugere que a exposição da articulação a forças desestabilizadoras é necessária para estimular um padrão neuromuscular compensatório e protetor efetivo (FITZGERALD; AXE; SNYDER-MACKLER 2000). As adequações protetoras nas forças regulatórias que agem nas articulações modificam a rigidez muscular, que é determinada por um complexo sistema de controle neural por *feedback*. Há uma hierarquia nas estratégias de controle neuromuscular que se iniciam com a ativação das fibras musculares e evoluem até que mudanças nas propriedades mecânicas de todo o músculo sejam alcançadas. Alguns aspectos da fisiologia e biomecânica muscular relacionados com a regulação da rigidez muscular são: frequência de ativação (somação temporal); recrutamento das fibras (somação espacial); relação tensão-comprimento do sarcômero; relação força-velocidade do sarcômero; relação tensão-comprimento do sarcômero mantido por estruturas passivas; mecanismos de *feedback* das fibras intra e extra fusais; regulação da força muscular e do torque determinado pela arquitetura muscular (TORY et al., 2006).

Segundo Aquino et al. (2004), os principais mecanismos neuromusculares propostos para explicar o controle da estabilidade articular são a propriocepção, o reflexo ligamento-muscular e o ajuste dinâmico da rigidez por meio da co-contratação muscular. Contudo, alguns desses mecanismos apresentam limitações que levantam dúvidas sobre a sua capacidade de promover a estabilidade articular durante gestos potencialmente lesivos.

A propriocepção é muito importante para fornecer subsídios sensoriais para o planejamento motor, porém, provavelmente, a informação proveniente dos proprioceptores só estará disponível para o SNC depois que a perturbação articular ocorrer e, por isso, não ocorreria em tempo hábil para proteger a articulação. Assim, a propriocepção talvez não seja um mecanismo de oposição à perturbação, mas, possivelmente, um co-produto do movimento. Outro ponto importante é que, embora muitos estudos destaquem a importância dos proprioceptores articulares para a acuidade proprioceptiva, talvez esses proprioceptores desempenhem um papel menos importante do que a eles atribuído e, alguns achados sugerem que os fusos musculares são os principais responsáveis pela propriocepção (AQUINO et al. 2004, SHIELDS et al. 2005).

Desde a descoberta de mecanorreceptores nos ligamentos, criou-se a ideia de estes poderiam estimular a contração reflexa da musculatura via receptores articulares e, por conta disso, o reflexo ligamento-muscular foi considerado um mecanismo de controle baseado em *feedback* quando, frente a uma perturbação, envia estímulos aferentes, por meio de arco reflexo simples, para a musculatura antagonista e promove uma ação protetora para a articulação. Apesar disso, alguns achados que investigaram o tempo de latência desse reflexo revelaram que talvez ele seja muito lento para ter um efeito protetor durante uma atividade funcional, já que o tempo de reação decorrente de uma sobrecarga imposta no ligamento e o início da atividade muscular reflexa estaria em torno de 89ms, enquanto que a ruptura do ligamento em atividades dinâmicas de grande demanda de estabilização ocorreria próximo de 34ms. Outro ponto a ser considerado é que, para desencadear esse reflexo, a articulação deve ser submetida aos estímulos de perturbação e isso poderia gerar contínuos cisalhamentos articulares predispondo a degeneração cartilaginosa. Por fim, é importante considerar que se o controle da estabilidade articular se desse apenas por mecanismos de *feedback*, a contração de um determinado músculo para corrigir o movimento em uma articulação resultaria em novas perturbações em outras articulações, o que tornaria o controle extremamente complexo (AQUINO et al., 2004). Contrapondo, outros estudos que mensuraram o tempo de latência do reflexo ligamento-muscular de várias articulações apresentam tempos variando entre 2,5ms a 5 ms e reforçam o papel de proteção rápida do reflexo ligamento-muscular durante situações potencialmente lesivas (SOLOMONOW, 2006).

O mecanismo de ajuste dinâmico da rigidez por meio da co-contratação muscular, então, parece ser o mecanismo mais reconhecido com efeito protetor. Os mecanorreceptores periféricos enviam informações contínuas para ajuste dinâmico da co-contratação dos músculos envolvidos no movimento. As informações partem dos receptores e se dirigem para a medula onde farão sinapses com os motoneurônios gama. Estes motoneurônios influenciam as fibras intrafusais que, por sua vez, enviam aferências para os motoneurônios alfa, direcionados para as fibras extrafusais, sobre o estado de tensão do músculo e a rigidez muscular é, por fim, adequada ao movimento. A ação simultânea dos músculos ao redor de uma articulação promove um maior contato entre as superfícies articulares, com consequente aumento da sua capacidade de resistir às cargas externas (AQUINO et al., 2004).

Considerações Finais

O controle neuromuscular é mais abrangente do que a propriocepção, já que esta última está mais relacionada com as informações aferentes que serão utilizadas pelo sistema nervoso central para produzir o controle motor adequado. Também se observou que há várias evidências que sustentam a implantação de programas de treinamento neuromuscular e proprioceptivo, na rotina dos atletas com finalidade preventiva contra as lesões desportivas. Entretanto, os mecanismos pelos quais essas intervenções protegem os atletas das lesões são menos compreendidos.

A partir disso, acredita-se que a associação de estratégias tanto neuromusculares, quanto proprioceptivas deva ser contemplada na periodização esportiva. Ela deve prover níveis de dificuldade das tarefas aumentados progressivamente, contemplar o substrato biomecânico do gesto esportivo, propiciar uma quantidade de repetições da tarefa de forma a facilitar a automatização, incorporar exercícios que potencializem a estabilidade central (*core*) e exercícios gerais que exijam resposta motora rápida e precisa dos segmentos envolvidos no gesto.

Referências

- AQUINO, C. F. et al. Mecanismos neuromusculares de controle da estabilidade articular. **Revista Brasileira de Ciências e Movimento**, v. 12, n. 2, p. 35-42, 2004.
- BATE, P. Motor control theories: insights for therapists. **Physiotherapy**, v. 83, n. 8, p. 397-405, 1997.
- BRITO, J.; SOARES, J.; REBELO, A. N. Prevenção de lesões do ligamento cruzado anterior em futebolistas. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 15, n. 1, p. 62-69, 2009.
- BRYAN, L. R.; SCOTT, M. L. The sensorimotor system, part II: the role of proprioception in motor control and functional joint stability. **Journal of Athletic Training**, v. 37, n. 1, p. 71-79, 2002.
- CAMPOS, M. A.; CORAUCCI NETO, B. **Treinamento funcional resistido**: para melhoria da capacidade funcional e reabilitação de lesões musculoesqueléticas. Rio de Janeiro: Revinter, 2008. 319 p.
- CARVALHO, A. R. et al. Evaluación de um

protocolo de prevención sobre propriocepción de futbolistas. **Revista de Entrenamiento Deportivo**, v. 21, n. 3, p. 5-9, 2007.

CHAN, K. et al. Orthopaedic sport biomechanics: a new paradigm. **Clinical Biomechanics**, v. 23, p. S21-S30, 2008.

DOMINGUES, M. L. P. Treino proprioceptivo na prevenção e reabilitação de lesões nos jovens atletas. **Revista Motricidade**, v. 4, n. 4, p. 29-37, 2008.

EILS, E.; ROSENBAUM, D. A multi-station proprioceptive exercise program in patients with ankle instability. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 33, n. 12, p. 1991-1998, 2001.

FINCH, C.; LLOYD, D.; ELLIOT, B. The preventing australian football injuries with exercise (PAFIX) study. **Injury Prevention**, v. 15, n. 3, 2009.

FITZGERALD, G. K. et al. The efficacy of perturbation training in nonoperative anterior cruciate ligament rehabilitation programs for physically active individuals. **Physical Therapy**, v. 80, n. 2, p. 128-140, 2000.

HAGERT, E. Proprioception of the wrist joint: a review of current concepts and possible implications on the rehabilitation of the wrist. **Journal of Hand Therapy**, v. 20, p. 2-17, 2010.

HINO, A. A. F. et al. Prevalência de lesões em corredores de rua e fatores associados. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 15, n. 1, p. 36-39, 2009.

HOSHI, R. A. et al. Lesões desportivas na ginástica artística: estudo a partir de morbidade referida. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 14, n. 5, p. 440-445, 2008.

HUGHES, T.; ROCHESTER, P. The effects of proprioceptive exercise and taping on proprioception in subjects with functional ankle instability: a review of the literature. **Physical Therapy in Sport**, v. 9, n. 3, p. 136-147, 2008.

HUPPERETS, M. D. W.; VERHAGEN, E. A. L. M.; MECHELEN, W. Effect of unsupervised home based proprioceptive training on recurrences of

ankle sprain: randomized controlled trial. **BMJ (Clinical research ed)**, v. 9, n. 339, 2009.

JU, Y. Y. et al. Rapid repetitive passive movement improves knee proprioception. **Clinical Biomechanics**, 2010.

LEPHART, S. M.; JARI, R. The role of proprioception in shoulder instability. **Operative Techniques in Sports Medicine**, v. 10, n. 1, p. 2-4, 2002.

LOUWA, Q.; GRIMMERB, K.; VAUGHANC, C. L. Biomechanical outcomes of a knee neuromuscular exercise programme among adolescent basketball players: a pilot study. **Physical Therapy in Sport**, v. 7, p. 65-73, 2006.

MANDELBAUM, B. R. et al. Effectiveness of a neuromuscular and proprioceptive training program in preventing the incidence of anterior cruciate ligament injuries in female athletes 2-year follow-up. **The American Journal of Sports Medicine**, v. 33, n. 7, 2005.

MYER, G. D. et al. Trunk and hip control neuromuscular training for the prevention of knee joint injury. **Clinics in Sports Medicine**, v. 27, p. 425-448, 2008.

MOREIRA, P.; GENTIL, D.; OLIVEIRA, C. Prevalência de lesões na temporada 2002 da seleção brasileira masculina de basquete. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 9, n. 5, p. 258-262, 2003.

PAGE, P. Sensorimotor training: a "global" approach for balance training. **Journal of Bodywork and Movement Therapies**, v. 10, p. 77-84, 2006.

PAIZANTE, G. O.; KIRKWOOD, R. N. Reeducação proprioceptiva na lesão do ligamento cruzado anterior. **Revista Meio Ambiente e Saúde**, v. 2, n. 1, p. 123-135, 2007.

PARKKARI, J.; KUJALA, U. M.; KANNUS, P. Is it possible to prevent sports injuries?: review of controlled clinical trials and recommendations for future work. **Sports Medicine**, v. 31, n. 14, p. 985-995, 2001.

PASTRE, C. M. et al. Exploração de fatores de

risco para lesões no atletismo de alta performance. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 13, n. 3, p. 200-204, 2007.

RIBEIRO, C. Z. P. et al. Relação entre alterações posturais e lesões do aparelho locomotor em atletas de futebol de salão. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 9, n. 2, p. 91-97, 2003.

SHIELDS, R. K. et al. Proprioceptive coordination of movements sequences in humans. **Clinical Neurophysiology**, v. 116, p. 87-92, 2005.

SILVA, A. S.; ABDALLA, R. J.; FISBERG, M. Incidência de lesões musculoesqueléticas em atletas de elite do basquetebol feminino. **Acta Ortopédica Brasileira**, v. 15, n. 1, p. 43-46, 2007.

SOLOMONOW, M. Sensory motor control of ligaments and associated neuromuscular disorders. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, v. 16, p. 549-567, 2006.

STILLMAN, B. C. Making sense of proprioception: the meaning of proprioception, kinaesthesia and related terms. **Physiotherapy**, v. 88, n. 11, p. 667-676, 2002.

TORRY, M. R. et al. Neuromuscular hip biomechanics and pathology in the athlete. **Clinics in Sports Medicine**, v. 25, n. 2, p. 179-197, 2006.

VANMEERGHAEGHE, A. F. et al. Efectos de un entrenamiento propioceptivo sobre la extremidad inferior en jóvenes deportistas jugadores de voleibol. **Apunts Medicina de L'Esport**, v. 43, n. 157, 2008.

VERHAGEN, E. A. L. M. et al. An economic evaluation of a proprioceptive balance board training proprioceptive balance board training programme for the prevention of ankle sprains in volleyball. **British Journal of Sports Medicine**, v. 39, n. 2, p. 111-115, 2005.

ZAZULAK, B. T. et al. The effects of core proprioception on knee injury: a prospective biomechanical-epidemiological study. **The American Journal of Sports Medicine**, v. 35, n. 3, p. 368-373, 2007.

Recebido em: 16/01/2011

Aceito em: 21/03/2011

Received on: 16/01/2011

Accepted on: 21/03/2011