

Nuno Miguel Barbedo da Silva

**O Efeito de um Programa de Exercícios na Sensibilidade
Proprioceptiva do Músculo Quadricípite. Estudo em Jovens
Futebolistas.**

**Universidade Fernando Pessoa – Faculdade de Ciências da Saúde, Escola Superior de
Saúde**

Porto, Outubro de 2010

Nuno Miguel Barbedo da Silva

**O Efeito de um Programa de Exercícios na Sensibilidade
Proprioceptiva do Músculo Quadricípite. Estudo em Jovens
Futebolistas.**

**Universidade Fernando Pessoa – Faculdade de Ciências da Saúde, Escola Superior de
Saúde**

Porto, Outubro de 2010

**O Efeito de um Programa de Exercícios na Sensibilidade Proprioceptiva do Músculo
Quadrícipite. Estudo em Jovens Futebolistas.**

Autor: Nuno Miguel Barbedo da Silva

Ass.: _____

“Monografia apresentada à Universidade Fernando Pessoa, sob a orientação do Fisioterapeuta Adérito Seixas, como parte dos requisitos para obtenção do grau de licenciado em Fisioterapia.”

Resumo

Objectivo do Estudo: Analisar o efeito de um programa de exercícios neuromusculares sobre a sensibilidade proprioceptiva do músculo quadricípite, num grupo de jovens futebolistas.

Metodologia: A amostra neste estudo foi constituída por 18 atletas de futebol do sexo masculino, pertencentes às camadas jovens do Padroense Futebol Clube, com uma média de idades de $15,9 \pm 1,6$ anos, compreendidas entre os 14 e 18 anos. O peso médio foi de $69,8 \pm 5,2$ kg e a altura média foi de $1,75 \pm 0,05$ m. Os participantes realizaram uma avaliação inicial numa cadeira de fortalecimento convencional, aparelho que pode ser utilizado para avaliar a capacidade de discriminar pesos, visto que se encontra munido com um sistema de alavanca permitindo o posicionamento de diferentes pesos livres, com a finalidade de se obter um valor pré-treino para cada atleta. Posteriormente, os atletas foram divididos em 2 grupos. O grupo experimental (GE), constituído por 9 atletas, foi submetido a um protocolo de exercícios neuromusculares. O grupo de controlo (GC), também com 9 atletas, só executou os testes de avaliação da sensibilidade proprioceptiva (pré e pós protocolo de exercícios). O programa de treino teve a duração de quatro semanas, com frequência de 5 sessões semanais. Todos os atletas realizaram dois momentos de avaliação, um prévio à realização do protocolo e outro no final das quatro semanas de treino.

Resultados: Não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas entre os dois grupos em ambos os momentos de avaliação.

Conclusão: Não foi verificada eficácia do protocolo de exercícios neuromusculares no aumento de respostas correctas no teste de discriminação de pesos.

Palavras-chave: Sensibilidade Proprioceptiva, Exercícios neuromusculares, Quadricípite, Discriminação de Pesos.

Abstract

Objective: Analyse the effectiveness of a neuromuscular training program, on the proprioceptive acuity in the quadriceps muscle, of young football players.

Methods: In the present study, the sample was composed of 18 male subjects, football athletes of Padroense Futebol Clube, with mean age $15,9\pm 1,6$ years, having the youngest athlete fourteen years old and the oldest eighteen years old. The mean weight was $69,8\pm 5,2$ kg; and mean height $1,75\pm 0,05$ m. All subjects performed an initial evaluation on a conventional leg exercise table equipped with a lever system that allowed the load of free weights and by doing so, making possible to measure the participants ability to discriminate weights. After obtaining a pre-training measurement of each subject, the athletes were divided in two groups. The experimental group (GE), included nine athletes, and was submitted to a protocol of a 4-week neuromuscular training program, which was carried out with a frequency of five times a week. The control group (GC), with nine athletes carried out the evaluation test (pre and post-test). All subjects were evaluated again after the four weeks.

Results: There were no significant differences between the two evaluation moments in both groups.

Conclusion: The neuromuscular training program proved to have no significant influence in the percentage of correct responses during the weight discrimination evaluation.

Key Words: Proprioceptive acuity, Neuromuscular exercises, Quadriceps, Weight discrimination.

Índice Geral

Resumo	V
Abstract	VI
Índice de Tabelas	IX
Índice de Quadros	X
Índice de Figuras	XI
Introdução	1
Capítulo I – Enquadramento Teórico	6
<i>1. Propriocepção</i>	6
<i>1.1 Fontes de input propioceptivo</i>	12
1.1.1 Mecanorreceptores	15
1.1.1.1 Terminações nervosas livres e os discos de Merckel	17
1.1.1.2 Corpúsculos de Meissner	17
1.1.1.3 Corpúsculos de Ruffini e de Krause	18
1.1.1.4 Corpúsculos de Golgi-Mazzoni e de Vater-Pacini	18
1.1.1.5 Órgãos tendinosos de Golgi	20
1.1.1.6 Fusos musculares	21
1.1.1.7 Arranjos especiais das terminações nervosas	25
<i>1.2 Treino e propriocepção</i>	26
<i>1.3 Avaliação da propriocepção</i>	31
Capítulo II – Material e Métodos	34
<i>2.1 Objectivos, hipóteses e variáveis</i>	34
<i>2.2 Caracterização da amostra</i>	34
<i>2.3 Procedimentos Metodológicos</i>	36

<i>2.3.1 Procedimento para a avaliação da sensibilidade proprioceptiva</i>	37
<i>2.3.2 Programa de Treino Neuromuscular</i>	40
<i>2.3.3 Delineamento experimental</i>	41
<i>2.3.4 Procedimentos estatísticos</i>	41
Capítulo III – Resultados	42
Capítulo IV – Discussão	45
Conclusão	53
Bibliografia	54
Anexos	
<i>Anexo I</i> - Declaração Explicativa do estudo	
<i>Anexo II</i> - Declaração do Consentimento Informado para encarregados de educação	
<i>Anexo III</i> - Declaração do Consentimento Informado para maiores de idade	
<i>Anexo IV</i> - Solicitação da autorização ao clube	

Índice de Tabelas

Tabela 1: Protocolo usado na discriminação de pesos.....	39
Tabela 2: Protocolo de exercícios neuromusculares..	40

Índice de Quadros

Quadro 1: Caracterização da amostra relativamente a idade, peso e altura.....	35
Quadro 2: Caracterização dos grupos de trabalho de acordo com a idade, peso e altura..	35
Quadro 3: Demonstração dos cálculos efectuados para a obtenção dos pesos utilizados.....	37
Quadro 4: Delineamento Experimental.....	41
Quadro 5: Diferenças na sensibilidade proprioceptiva do grupo de controlo (percentagem de respostas correctas).....	43
Quadro 6: Diferenças na sensibilidade proprioceptiva do grupo experimental (percentagem de respostas correctas).....	43
Quadro 7: Diferenças na sensibilidade proprioceptiva entre o GE e o GC antes e após a implementação do protocolo de exercícios neuromusculares..	44

Índice de Figuras

Figura 1: Posição assumida pelos sujeitos na avaliação da sensibilidade proprioceptiva..	38
-------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

Introdução

O presente estudo corresponde à dissertação de monografia da licenciatura em Fisioterapia a apresentar na Universidade Fernando Pessoa. Este trabalho incidiu na análise de um programa de exercícios neuromusculares sobre a sensibilidade proprioceptiva do músculo quadríceps, num grupo de jovens futebolistas.

A propriocepção desempenha um papel integrador no controlo neuromotor da articulação do joelho (Teixeira et al., 2010), englobando actividades coordenadas dos músculos envolventes, sobretudo do quadríceps. Estas actividades providenciam uma estabilidade activa na articulação do joelho, além de contribuírem e muito, na absorção das cargas exercidas sobre o joelho durante a realização de múltiplas tarefas. A informação proprioceptiva aferente dos mecanorreceptores localizados nos músculos, ligamentos, cápsulas, meniscos e pele, contribuem para a estabilização das estruturas ao nível espinhal. A informação também viaja para os centros supra-espinhais, onde é integrada na aprendizagem motora e na programação contínua dos movimentos complexos (Bennell et al., 2003).

Durante várias décadas o treino e a competição de crianças e jovens ainda em período de formação foram, em geral, uma reprodução mais ou menos aproximada dos conteúdos, metodologias e formas de organização do futebol de alto rendimento. O planeamento e a organização do treino nem sempre respeitavam, nas etapas de formação desportiva, as necessidades e a individualidade dos jovens futebolistas. Os conteúdos e os exercícios propostos aos jovens praticantes eram semelhantes aos dos adultos, não considerando as diferenças de idade, nível de experiência e estado de aprendizagem. No entanto, têm surgido novas reflexões acerca das formas de organização e planos de treino mais adequados aos jovens atletas em processo de formação desportiva. Reconheceu-se a elevada importância da aquisição de um repertório motor diversificado, e da necessidade de correcção na aprendizagem, consolidando habilidades motoras. As preocupações primordiais do treino de jovens centraram-se no desenvolvimento das capacidades coordenativas e nas metodologias de treino que lhe deveriam estar associadas (Miranda, 2005).

O efeito de um programa de exercícios na sensibilidade proprioceptiva do músculo quadríceps. Estudo em jovens futebolistas.

É neste contexto que se reconhece a elevada importância da propriocepção no quadro da aprendizagem motora (Barreiros, 1995), particularmente no contexto da formação desportiva. De facto, diversos investigadores têm salientado a importância da função proprioceptiva na regulação e controlo dos movimentos desportivos. O estudo de eventuais alterações na propriocepção relacionadas com o seu aumento ou melhoria, quando induzida por protocolos de treino neuromuscular, é pois pertinente, e justifica-se plenamente, uma vez que se reconhece a importância da função proprioceptiva na qualidade do desempenho das habilidades motoras em geral e do futebol em particular (Miranda, 2005).

O futebol é uma modalidade onde se utilizam essencialmente os membros inferiores para as várias acções técnicas como controlo, condução e movimentação da bola, bem como, para as várias acções decorrentes do jogo como: saltos, travagens, arranques, deslocamentos e mudanças de direcção. É uma modalidade que requer, por um lado, força dos membros inferiores e, por outro lado, sensibilidade para executar na perfeição os mais exigentes gestos técnicos (Francisco, 2008).

O sucesso de muitos atletas depende da sua capacidade de correr, saltar e mudar rapidamente de direcção, em condições ou ambientes voláteis e imprevisíveis. A articulação do joelho é submetida a forças extremamente altas nesses momentos, durante a execução complexa dos movimentos que vão sendo solicitados. Devido à posição que ocupa, entre as duas alavancas mais longas do corpo e rodeada pelos músculos mais fortes e potentes, a capacidade da articulação do joelho em se manter estável, quando sujeita às pressões referidas, é denominada como a estabilidade dinâmica do joelho (Williams et al., 2001).

Pese embora se possa considerar que o futebol não é uma modalidade unilateral e portanto, assimétrica, é indiscutível que a generalidade dos praticantes realiza os gestos técnicos específicos utilizando preferencialmente o membro dominante. Por outro lado, muitos dos exercícios propostos em treino para a aprendizagem e aperfeiçoamento da técnica desportiva fazem apelo a movimentos parciais, caracterizando-se pela mobilização dos segmentos corporais e da massa muscular de forma mais selectiva e localizada. Os grupos musculares responsáveis por movimentos em torno da articulação do joelho e as estruturas desse núcleo

O efeito de um programa de exercícios na sensibilidade proprioceptiva do músculo quadricípite. Estudo em jovens futebolistas.

articular são particularmente solicitados e muito importantes no quadro dos movimentos e deslocamentos específicos do futebol (Miranda, 2005).

Tendo em atenção as áreas da reabilitação no desporto e a fisioterapia em particular, poderá ser relevante descobrir a extensão das influências positivas oferecidas por estas. Tal como é referido por Cerulli et al. (2001), o treino proprioceptivo pode ajudar a prevenir lesões nos atletas de futebol, especificamente no ligamento cruzado anterior. Referem que os receptores proprioceptivos providenciam a base do feedback do sistema proprioceptivo, permitindo a ocorrência de mudanças adaptativas durante os programas de treino preventivos, e assim conseguindo uma ajuda fundamental na prevenção de lesões nos joelhos. McMullen e Timothy (2000) e Fridén et al. (2001), acrescentam que mesmo depois de uma lesão o objectivo da reabilitação será melhorar e otimizar o controlo sensoriomotor. Hoffman et al. (2002), indicam que já foi demonstrado várias vezes a importância da sensibilidade proprioceptiva na reabilitação após lesões, e para a compreensão das etiologias e factores predisponentes a lesões e recorrências de lesões.

Cerulli et al. (2001) apresentam uma série de estudos que demonstraram a importância dos programas de treino preventivos e que levaram a aumentos na sensação do movimento e na sensação da posição articular. Definindo os programas preventivos de treino proprioceptivo, como uma série de exercícios ou situações que despertam uma resposta do sistema nervoso de forma a contrariar os estímulos externos.

Os mesmos investigadores indicam que a prevenção e o treino estão intimamente associados, de tal forma, que o treino da articulação do tornozelo pode prevenir lesões no joelho. O alinhamento da articulação do joelho é directamente afectado pela cinemática das articulações da anca e do tornozelo. A propriocepção articular do joelho é essencial para uma adequada estabilidade e movimento articular (Roberts et al., 2004). Baltaci e Kohl (2003) referem igualmente estudos que demonstraram efeitos benéficos do treino proprioceptivo.

Desta forma, é possível admitir que em múltiplas modalidades desportivas, os atletas colocam frequentemente as suas estruturas em posições de stress funcional, levando a situações de lesões mais ou menos graves. Ambos os casos, são sempre condições que acarretam variados

O efeito de um programa de exercícios na sensibilidade proprioceptiva do músculo quadríceps. Estudo em jovens futebolistas.

tipos de custos e para alguns autores (Cerulli et al., 2001), seria possível minorar a quantidade do número de lesões ajustando programas preventivos de treino neuromuscular e tratamentos adequados pós-lesão. Será pertinente adquirir o maior número de informações possíveis para determinar sobre a eficácia inerente a várias metodologias de prevenção, fortalecimento e tratamento. Por um lado, os treinos proprioceptivos preventivos demonstraram diminuições na incidência de lesões no joelho e tornozelo em diferentes desportos como o futebol, ginástica e dança. Por outro lado, os treinos proprioceptivos incorporados nas fases de reabilitação também demonstraram ser benéficos na evolução das lesões de joelhos e tornozelos (Baltaci e Kohl, 2003).

Em muitos aspectos relacionados com o treino e o desempenho desportivo em competição, a idade cronológica e a experiência de treino são factores que distinguem os atletas. Por exemplo, a tolerância à carga de treino ou de competição é indissociável da idade cronológica e também do nível e experiência de treino. Seria possível equacionar que em jovens atletas praticantes de futebol, a propriocepção estaria mais ou menos desenvolvida em função das idades. No entanto, nas investigações de Shumway et al., Redon et al. e Hay et al. (*cit. in* Miranda, 2005), foi verificado que o sistema sensoriomotor está plenamente desenvolvido por volta dos seis anos de idade, sendo a sua funcionalidade semelhante à de um adulto entre os sete e os dez anos. No estudo conduzido por Miranda (2005), este investigador chegou à mesma conclusão, não tendo verificado diferenças significativas na propriocepção do joelho entre os jovens atletas, pertencentes a escalões etários diferentes (iniciados, juvenis e júniores), com diferentes experiências de treino, em diferentes fases de formação e aprendizagem desportiva. Por outras palavras, os atletas com idades superiores e com maior experiência de treino tiveram as mesmas performances proprioceptivas que os atletas mais novos.

Foi assim admitido que os 18 participantes, apesar de pertencerem a três escalões etários distintos (iniciados, juvenis e júniores), teriam as suas capacidades proprioceptivas plenamente desenvolvidas e portanto não foi feita nenhuma distinção dos vários atletas tendo em conta o escalão a que pertenciam. No entanto, de forma a manter uma distribuição de igualdade nos dados à partida, foram escolhidos 6 atletas dos iniciados, 6 atletas dos juvenis e 6 atletas dos júniores.

O efeito de um programa de exercícios na sensibilidade proprioceptiva do músculo quadricípite. Estudo em jovens futebolistas.

Em seguida de modo aleatório foram seleccionados e alocados 3 atletas de cada escalão para constituírem o grupo experimental. Ficando o grupo de controlo composto pelos restantes atletas. Desta forma constituíram-se 2 grupos, salvaguardando à partida condições idênticas entre os mesmos, sendo que os atletas que os constituíram apresentavam características semelhantes no que respeita ao desenvolvimento e aprendizagem.

Considerando o exposto anteriormente, foi conduzido um estudo em que se pretendeu determinar se a aplicação de um programa de treino neuromuscular, teria efeitos positivos na sensibilidade proprioceptiva do músculo quadricípite de jovens atletas.

Assim sendo, o objectivo geral do estudo foi, avaliar o efeito de um protocolo de exercícios neuromusculares sobre a sensibilidade proprioceptiva do joelho dominante em jovens futebolistas, de forma a verificar se haveria um acréscimo na mesma, depois da aplicação do protocolo de treino.

O objectivo específico do presente estudo foi avaliar o efeito de um protocolo de exercícios neuromusculares sobre a sensibilidade proprioceptiva do joelho dominante, traduzida pela percentagem de respostas correctas num teste de discriminação de pesos, em jovens futebolistas.

Capítulo I – Enquadramento Teórico

1. Propriocepção

A palavra propriocepção foi originalmente definida por Sir Charles Scott Sherrington em 1906 (Myers e Lephart, 2000; Ashton-Miller et al., 2001; Hiemstra et al., 2001; Dover e Powers, 2003), como, “a percepção do movimento corporal e articular, bem como a noção da posição que o corpo, ou segmentos, ocupam no espaço” (Sherrington *cit. in* Hiemstra et al., 2001). De acordo com Ashton-Miller et al. (2001), Sherrington introduziu o termo propriocepção do Latim (*re*)*ceptus* (acto de receber) e *propius* (de si mesmo/de nós próprios).

Burke (2007), indica que o trabalho efectuado pelo brilhante fisiologista em 1906, mudou o curso da neurofisiologia. No início do século XX, época de intenso debate científico, as considerações efectuadas por Sherrington, após duas décadas de observações experimentais e interpretação das mesmas, ajudaram a um melhor entendimento da organização do sistema nervoso central e influenciaram a neurologia e a neurociência actual.

O fisiologista inglês é apontado na literatura como um pioneiro no desenvolvimento de alguns conceitos que ainda hoje são utilizados (Burke, 2007). As suas pesquisas marcaram o início de uma nova era científica em áreas como a motricidade e a sensibilidade (Miranda, 2005; Francisco, 2008), dando origem a investigações que procuraram conceitos e respostas mais concretas sobre o funcionamento do sistema nervoso (Miranda, 2005).

Segundo, Burke (2007), Sherrington terá sido o primeiro investigador a utilizar termos como exteroceptivo – que provém de estímulos do exterior ou a eles relativo (Hiemstra et al., 2001; Manuila et al., 2004), e interoceptivo – diz respeito à sensibilidade de como se produzem as variações no interior do corpo, dos receptores e das vias que se lhes referem (Hiemstra et al., 2001; Manuila et al., 2004). Para Sherrington, estes termos enquadram o conceito de propriocepção no conhecimento do movimento derivado dos receptores musculares, tendinosos, articulares e vestibulares. Assim a capacidade proprioceptiva resulta dos estímulos captados pelos órgãos sensitivos, localizados nos músculos e articulações, sendo

O efeito de um programa de exercícios na sensibilidade proprioceptiva do músculo quadríceps. Estudo em jovens futebolistas.

agrupados de forma a constituírem informação relevante para a programação de um movimento, independentemente da sua origem (Miranda, 2005).

No trabalho original de Sherrington sobre propriocepção, esta é descrita como uma forma de regular o equilíbrio postural e a estabilidade articular bem como fazendo parte de várias sensações periféricas conscientes (“sensações musculares”), acrescentando ainda as informações vestibulares da cabeça como sendo proprioceptivas (Riemann e Lephart, 2002a).

Matthews (*cit. in* Riemann e Lephart, 2002a) enuncia quatro submodalidades da “sensação muscular”, referidas por Sherrington: postura, movimento passivo, movimento activo e resistência ao movimento. Estas sensações correspondem actualmente aos termos de sensação da posição articular, cinestesia (activa e passiva) e a sensação de tensão muscular (Riemann e Lephart, 2002a).

Os termos e conceitos apresentados por Sherrington foram alvo de crítica, mas com o decorrer de novas pesquisas e investigações, sobretudo nos anos setenta, foi possível corroborar e desenvolver os mesmos (Miranda, 2005). A importância da informação proprioceptiva foi observada em diversos estudos efectuados, dando ênfase a resultados que certificavam a sua relevância em diferentes vertentes do conhecimento científico (Barreiros, 1995).

No entanto, e tal como refere Miranda (2005), o campo conceptual desta matéria é muito vasto e diversificado. A teoria de Sherrington conduziu vários investigadores a procederem a novas experiências, com o objectivo de descreverem e explicarem mecanismos da “propriocepção” e consequentemente refinarem a definição do conceito.

Alguns autores referenciados nesta área como Hiemstra et al. (2001), caracterizam a função proprioceptiva em duas vertentes: a sensação do posicionamento angular ou sensação da posição articular e a sensação do movimento corporal ou cinestesia. Expõem que o Sistema Nervoso Central recebe informações de variadas fontes de estímulos, integrando-as para em seguida definir o movimento articular e a posição a adoptar. Estímulos musculares, articulares, cutâneos, vestibulares, auditivos e visuais providenciam informações para o controlo motor a três níveis distintos: medula espinhal, tronco cerebral e centros superiores

O efeito de um programa de exercícios na sensibilidade proprioceptiva do músculo quadríceps. Estudo em jovens futebolistas.

(cerebelo, gânglios basais e córtex motor). No entanto, acrescentam que a informação proprioceptiva captada pode não ser necessariamente processada e integrada conscientemente (como as informações aferentes dos fusos musculares e das articulações envolvidas nos reflexos da espinhal medula).

De acordo com Edin (2001), o termo cinestesia foi introduzido por Bastian em 1880, para descrever o papel do córtex motor, de forma a elucidar sobre como eram orquestradas especificamente e funcionalmente as tendências aferentes somáticas sensoriais. Enquanto o termo proprioceptor foi inicialmente usado por Sherrington para designar uma série de estímulos aferentes somáticos sensoriais, que informavam sobre a posição do corpo e segmentos corporais.

Para Jones (2001), o termo propriocepção refere-se aos processos sensoriais envolvidos na apreciação consciente da postura e do movimento. Descreve que as percepções sensoriais são conhecidas como capacidade cinestésica ou proprioceptiva. Estas percepções são reconhecidas através de receptores localizados nos músculos, pele e articulações, englobando a capacidade de saber onde se encontra cada membro no espaço, quando se movimenta e a identificação de forças geradas nos músculos. Baltaci e Kohl (2003) descrevem a propriocepção como a consciencialização da cinestesia na postura corporal, incluindo os movimentos, tensões e alterações no equilíbrio.

Segundo Janwantanakul et al. (2001), o controlo óptimo das acções musculares requer uma exactidão das informações proprioceptivas para o SNC. Afirmam que a propriocepção pode ser definida como a capacidade para detectar a posição das diferentes partes do corpo em relação umas às outras (sensação de posição) e a capacidade de detectar o aparecimento e a direcção do movimento articular, ou seja, a sensação de movimento ou cinestesia (Brindle et al., 2009; Lee et al., 2009). Bjorklund et al. (2000) indicam que a propriocepção é uma entidade complexa, englobando várias submodalidades diferentes, como a sensação de posição, velocidade, detecção de movimento e força. Hoffman e Payne (1995), descrevem-na como a percepção da postura, movimento e alterações no equilíbrio corporal, bem como o conhecimento da posição, peso e resistência dos objectos em relação ao corpo. Edmonds et al. (2003) afirmam que o termo engloba um grupo de sensações (que podem ser ou não

O efeito de um programa de exercícios na sensibilidade proprioceptiva do músculo quadríceps. Estudo em jovens futebolistas.

percebidas conscientemente), acerca da posição corporal e movimento providenciando a informação necessária para o controlo óptimo da postura e locomoção.

Numerosos investigadores têm disponibilizado definições relativamente à terminologia de sensação articular, propriocepção e cinestesia (Lephart et al., 1997; Baltaci e Kohl, 2003). Tal como indicado por Lephart et al. (1997), Safran et al. (1999), Myers et al. (1999), Aydin et al. (2001), Baltaci e Kohl (2003) e Karahan et al. (2010), a propriocepção pode ser entendida como uma variação especializada da modalidade sensorial do tacto, albergando as sensações do movimento articular (cinestesia) e a sensação da posição articular. Potzl et al. (2004) acrescentam a sensação de tensão, replicação do movimento e apreciação da velocidade articular. Myers et al. (1999), defendem que a propriocepção é uma componente do controlo neuromuscular, apesar dos dois termos serem normalmente usados num intercâmbio incorrecto, sendo que a propriocepção desempenha um papel fundamental no controlo neuromuscular (Riemann e Lephart, 2002b), considerando este como a resposta motora eferente inconsciente às informações sensoriais (proprioceptivas) aferentes.

Riemann e Lephart (2002a) assumem que a propriocepção é o termo, dentro do sistema sensoriomotor, que é usado mais vezes incorrectamente na literatura. Por sua vez, o sistema sensoriomotor é apenas uma parte do complexo sistema de controlo corporal, albergando os componentes sensoriais, motores e centrais de integração e processamento, envolvidos na manutenção da estabilidade articular funcional (Riemann et al. 2002), cuja função consiste no processamento de informações sensoriais e na formulação dos programas motores, através dos quais é possível manter o controlo e a estabilidade das acções, independentemente das forças ou factores externos que possam exercer perturbações. Estes autores acrescentam que as sensações somáticas são mais globais e albergam toda a informação periférica proveniente dos mecanorreceptores, termorreceptores e nociceptores. Assim as sensações proprioceptivas conscientes (cinestesia, sensação de posição articular e a sensação de tensão muscular) são uma subcomponente das sensações somáticas.

Especificamente, de uma perspectiva de estabilidade articular, o controlo neuromuscular pode ser definido como a activação inconsciente das restrições dinâmicas que ocorrem na preparação para e na resposta ao movimento articular, no que diz respeito à manutenção e restauração da estabilidade articular funcional (habilidade da articulação retornar ao seu

O efeito de um programa de exercícios na sensibilidade proprioceptiva do músculo quadríceps. Estudo em jovens futebolistas.

estado original após sofrer uma perturbação, durante movimentos funcionais em actividades desportivas ou da vida diária, dependendo da interacção de vários factores, incluindo a congruência entre as superfícies ósseas, a restrição passiva das estruturas articulares e as forças compressivas geradas pelo peso corporal e acção muscular). Apesar de o controlo neuromuscular ter subjacente, todas as actividades motoras de alguma forma, não é facilmente separado dos comandos neurais que controlam todo o programa motor. A informação proprioceptiva que monitoriza o estado da articulação e estruturas associadas é assim essencial para o controlo neuromuscular (Riemann e Lephart, 2002a).

Nas palavras de Myers e Lephart (2000), a informação sensorial (propriocepção) viaja através de vias aferentes até ao SNC onde é integrada com inputs de outros níveis do Sistema Nervoso, culminando em respostas eferentes motoras (controlo neuromuscular) vitais para a coordenação dos padrões de movimento e estabilidade funcional. Fridén et al. (1999), referem que a informação aferente é essencial tanto para os movimentos voluntários como para as respostas reflexas mediadas pelos músculos.

Os conceitos em torno da propriocepção foram sendo redefinidos e aprimorados, sendo que para Peccin e Pires (2005), o termo engloba toda a produção neural originada nos músculos, articulações, tendões e tecidos profundos associados. Para estes autores, a informação aferente da articulação é projectada a centros de processamento no cérebro, tendo em conta que os tecidos articulares são dotados, pelo sistema nervoso, de uma inervação que é especificamente aferente, ou seja, informações sobre o grau de alteração mecânica das estruturas articulares são enviadas ao SNC, de forma a informar os neurónios das condições mecânicas presentes. O estado dos tecidos articulares é assim enviado em código de impulso neural a muitos níveis do SNC, de modo a poderem ser avaliadas as informações relativas às condições estáticas e dinâmicas, equilíbrio e desequilíbrio, relação biomecânica de esforço e abrandamento.

Miranda (2005) indica que se trata de um conjunto de sinais, com origem nas articulações e músculos, captados e processados pelo sistema nervoso para assegurar o correcto entendimento da posição, inércia, vibração e pressão a que estão sujeitas aquelas estruturas. O processo completa-se ao nível espinal, com a elaboração de uma resposta reflexa ou ao nível supra-espinal, com a integração e análise cortical a partir da qual se desencadeia a elaboração de uma resposta motora consciente, conduzida novamente até à periferia.

O efeito de um programa de exercícios na sensibilidade proprioceptiva do músculo quadríceps. Estudo em jovens futebolistas.

A propriocepção resulta assim de um processo através do qual, o SNC recebe informações de diversas fontes de estímulo (proprioceptores), que integra para definir e controlar o movimento ou a posição articular. Assim a função dos proprioceptores consiste em veicular as informações sensitivas dos músculos, tendões, ligamentos e articulações até ao SNC. As informações provenientes dos proprioceptores são enviadas ao SNC podendo ou não ser percebidas conscientemente. A propriocepção foi definida como o “input” neural cumulativo para o SNC proveniente de terminações nervosas especializadas chamadas de mecanorreceptores, que se localizam na pele, ventres musculares, tendões, cápsulas articulares e ligamentos (Ribeiro, 2005). Quando estas estruturas sofrem deformações mecânicas, estes receptores sensoriais funcionam como conversores das cargas mecânicas em impulsos aferentes para o SNC, onde a informação influencia as respostas musculares e a sensação de posição, contribuindo para a manutenção da estabilidade postural. A informação gerada é integrada na programação motora requerida para movimentos de precisão, e contribui para a contracção muscular reflexa, providenciando estabilidade dinâmica às articulações (Lephart et al., 1997; Mattacola e Lloyd, 1997; Miura et al., 2004).

A resolução de problemas criados por perturbações das acções motoras, depende da habilidade para detectar rápida e eficazmente essas perturbações, bem como adaptar os respectivos programas motores, de forma a reajustar ou corrigir a posição e movimento dos segmentos corporais. Quando se detém o domínio sobre estas faculdades, pode-se assumir que todas as estruturas nervosas e motoras, bem como a associação entre ambas, atingiu já um estado maduro ou equiparado ao estado adulto (Euzet e Gahery, 1998).

A maturação nervosa reflecte, para cada indivíduo, o momento e a velocidade de desenvolvimento e diferenciação do sistema nervoso, existindo alterações biológicas que acompanham o crescimento até ao estado adulto. Depende de factores biológicos, ambientais e da relação recíproca que ambos estabelecem entre si. Varia com o tempo e de indivíduo para indivíduo. A maturação é uma característica comum a todas as espécies e determina, para cada indivíduo, um “timing” e um “tempo” de desenvolvimento, ou seja, todo e cada sujeito vive diferentes etapas de desenvolvimento num determinado momento do seu ciclo de vida e durante um dado período de tempo. Pode-se considerar existir uma relação entre a idade cronológica e a maturação nervosa, contudo, ela caracteriza-se pela variação inter-individual (Miranda, 2005).

O efeito de um programa de exercícios na sensibilidade proprioceptiva do músculo quadríceps. Estudo em jovens futebolistas.

A função proprioceptiva constitui a base essencial de todas as habilidades motoras que requerem controlo postural, coordenação e domínio do movimento. Nas palavras de Redon et al. e Hay et al. (*cit. in* Miranda, 2005), é por volta dos dez anos de idade que as capacidades proprioceptivas aparecem desenvolvidas de modo semelhante ao que se encontra no estado adulto. Euzet e Gahery (1998) indicam mesmo, que os adolescentes parecem atingir o pico de desenvolvimento do sistema proprioceptivo, ao ponto de conseguirem melhores resultados do que os adultos em tarefas com exigências do tipo sensoriomotor.

1.1. Fontes de input proprioceptivo

Pequenos mecanorreceptores localizados nos ligamentos, cápsulas, tendões, músculos e fáscia promovem os estímulos proprioceptivos que são imprescindíveis para a percepção da posição dos membros e seus movimentos (Peccin e Pires, 2005).

Os estímulos proprioceptivos conscientes partem dos mecanorreceptores e chegam ao colo do corno posterior da medula, emergindo rumo ao córtex cerebral pelo funículo posterior por meio do fascículo grácil, responsável pela condução dos estímulos dos membros inferiores e metade inferior do tronco (Seeley et al., 2001). A outra porção emerge do funículo posterior através do fascículo cuneiforme, responsável pela condução dos estímulos dos membros superiores e metade superior do tronco (Seeley et al., 2001). Atingem o córtex cerebral na região da área somestésica, sendo responsáveis pelos sentidos de posição e movimento. Os impulsos proprioceptivos inconscientes partem dos mecanorreceptores e atingem a medula espinhal, regulando a acção reflexa muscular. Existem outras fibras que emergem para o cerebelo com a função de informação da actividade instantânea dos grupos musculares, de tal forma que esse centro emite uma resposta, tornando os movimentos suaves e precisos. Dois sistemas formam a inervação proprioceptiva articular, que são os nervos articulares essenciais, atingindo cápsulas, ligamentos e, muitas vezes, os vasos articulares, além dos nervos articulares anexos, que são ramificações dos nervos musculares correspondentes (Peccin e Pires, 2005).

A propriocepção é responsável por dois aspectos de sensação da posição do corpo, uma estática e outra dinâmica. A sensação estática proporciona orientação consciente de uma parte

O efeito de um programa de exercícios na sensibilidade proprioceptiva do músculo quadríceps. Estudo em jovens futebolistas.

do corpo em relação à outra, enquanto a sensação dinâmica dá informação ao sistema neuromuscular da quantidade e direcção do movimento. Assim, propriocepção pode ser pensada como um processo neuromuscular complexo que envolve sensações aferentes e eferentes, permitindo ao corpo manter estabilidade e orientação durante as actividades estáticas e dinâmicas. Em geral, é o processo pelo qual o corpo pode variar a contracção de um músculo em resposta imediata à informação dada por forças externas. É permitido referir dois níveis de propriocepção: consciente (voluntária) e inconsciente (reflexa). Enquanto a propriocepção consciente habilita a articulação em actividades desportivas e tarefas profissionais, a propriocepção inconsciente modula a função do músculo e inicia a estabilização reflexa das articulações pelos receptores musculares (Peccin e Pires, 2005).

Ao analisar as estruturas anatómicas presentes na complexa relação do exposto anteriormente, é possível encontrar as terminações nervosas periféricas, que apresentam dois tipos de estrutura: em primeiro lugar, existem as terminações de axónios que transmitem impulsos do SNC para os músculos esqueléticos e lisos (terminações motoras) ou para glândulas (terminações secretoras). Em segundo lugar, o corpo humano tem terminações dendríticas, denominadas terminações sensitivas, ou receptores, que recebem estímulos variados e transmitem informações sensitivas para o SNC (Gartner e Hiatt, 2003).

Por outras palavras, os receptores sensoriais são terminações nervosas ou células especializadas que convertem estímulos dos ambientes externo e interno em impulsos nervosos aferentes, que por sua vez, são encaminhados para o SNC, onde iniciam respostas voluntárias ou involuntárias apropriadas (Young e Heath, 2001). Estes autores defendem que ainda não foi inventado um sistema de classificação adequado às características funcionais e morfológicas destes receptores sensitivos. Williams et al. (1995), indicam que a classificação dos receptores pode ser efectuada de diversas maneiras. No entanto, a classificação amplamente usada divide os receptores em três grupos: Exteroceptores, Proprioceptores e Interoceptores (Williams et al., 1995; Seeley et al., 2001; Young e Heath, 2001; Gartner e Hiatt, 2003).

Estes três tipos de receptores fazem parte de diferentes vias aferentes, dependendo da fonte do estímulo. Gartner e Hiatt (2003) descrevem que as vias aferentes podem ser somáticas (gerais

O efeito de um programa de exercícios na sensibilidade proprioceptiva do músculo quadríceps. Estudo em jovens futebolistas.

ou especiais) e viscerais (gerais ou especiais). As vias (sentidos) somáticas e viscerais são mecanismos nervosos que recolhem informações sensoriais para SNC (Guyton e Hall, 2002).

Os exteroceptores estão situados perto da superfície do corpo e são especializados na recepção de estímulos do meio ambiente externo, incluindo os receptores da temperatura, do tacto, da pressão leve e profunda, da dor cutânea, da visão, da audição, do olfacto e da gustação (Young e Heath, 2001).

Fazem parte das vias somáticas aferentes gerais os exteroceptores que são sensíveis à temperatura, tacto, pressão e dor. Os receptores especializados na visão e audição pertencem às vias somáticas aferentes especiais. Por sua vez, os exteroceptores que respondem aos estímulos olfactivos e gustativos inserem-se nas vias viscerais aferentes especiais (Gartner e Hiatt, 2003).

Os proprioceptores estão localizados nas cápsulas das articulações, tendões e fibras intrafusais dos músculos e pertencem às vias somáticas aferentes gerais (Gartner e Hiatt, 2003). Encontram-se assim dentro do sistema esquelético e fornecem informações conscientes e inconscientes acerca da orientação, da posição do corpo no espaço, tensão e movimento, e incluem receptores do aparelho vestibular do ouvido, órgãos tendinosos e fusos musculares (Young e Heath, 2001). Gartner e Hiatt (2003), afirmam igualmente que alguns receptores do mecanismo vestibular, situados dentro do ouvido interno, são especializados na recepção de estímulos relacionados com vectores de movimento dentro da cabeça, sendo a informação transmitida para o cérebro onde é processada e integrada na consciencialização do movimento e manutenção do equilíbrio. Widmaier et al. (2004), indicam que a informação vestibular é integrada com as informações provenientes das articulações, tendões e pele, enquadrando a sensação de postura (propriocepção) e movimento. Ganong (2000), acrescenta que a componente consciente da propriocepção é sintetizada a partir das informações provenientes dos proprioceptores, mas também dos receptores cutâneos para o tacto e pressão. Guyton e Hall (2002), expõem que as sensações proprioceptivas são as que informam sobre o estado físico do corpo, inclusive as sensações de posição, as sensações dos tendões e dos músculos, as sensações de pressão das plantas dos pés e, mesmo, a sensação do equilíbrio.

O efeito de um programa de exercícios na sensibilidade proprioceptiva do músculo quadríceps. Estudo em jovens futebolistas.

Os interoceptores são receptores especializados que recebem estímulos sensitivos originários de alguns órgãos e vísceras do corpo, integrando as vias viscerais aferentes gerais (Gartner e Hiatt, 2003). Estes interoceptores incluem os quimiorreceptores do sangue, os barorreceptores (pressão) vasculares, os receptores do estado de distensão das vísceras ocas e receptores que integram a dor visceral, a fome, a sede, o bem-estar e o desconforto (Young e Heath, 2001).

Seguindo as palavras Young e Heath (2001), é difícil haver um consenso na melhor forma de organizar os diferentes receptores. Desta forma, existem autores que indicam que as terminações dendríticas (terminações sensitivas ou receptores sensitivos), tornaram-se especializadas para a recepção de determinados estímulos e para as adaptações que desenvolveram, podendo também ser agrupadas pelas características estruturais em bases morfológicas (Williams et al., 1995; Gartner e Hiatt, 2003).

Enquadrando os vários termos empregues na literatura consultada, pode-se dividir os receptores já abordados em mecanorreceptores, termorreceptores e nociceptores (Williams et al., 1995; Gartner e Hiatt, 2003). Fox (2002) apresenta uma divisão formada por quatro elementos (mecanorreceptores, nociceptores, quimiorreceptores e fotorreceptores). Seeley et al. (2001), Guyton e Hall (2002) e Widmaier et al. (2004) classificam os receptores sensoriais em cinco modalidades (mecanorreceptores, termorreceptores, nociceptores, receptores electromagnéticos/fotorreceptores e quimiorreceptores).

1.1.1 Mecanorreceptores

Terminações nervosas articulares e periarticulares seleccionam um tipo de estímulo energético e graduam a sua actividade de acordo com a intensidade da distorção dos componentes articulares e periarticulares. As informações sobre as modificações micro mecânicas da articulação devem ser rápidas e adequadamente transmitidas ao SNC para que este possa influenciar as actividades motoras que agem na regulação da abertura, posição e ângulos das articulações, influenciando os neurónios motores superiores que governam os modelos e coordenam a actividade muscular das articulações (Peccin e Pires, 2005).

O efeito de um programa de exercícios na sensibilidade proprioceptiva do músculo quadríceps. Estudo em jovens futebolistas.

De uma forma relativamente consensual os mecanorreceptores descritos na literatura são: as terminações nervosas livres, os discos de Merkel, os corpúsculos de Meissner, os corpúsculos de Ruffini, os corpúsculos de Krause, os corpúsculos de Golgi-Mazzonni, os corpúsculos de Vater-Pacini, os órgãos tendinosos de Golgi e os fusos musculares (Pina, 2000).

Os mecanorreceptores respondem a estímulos mecânicos capazes de deformar o receptor ou os tecidos que o envolvem. Os estímulos que os activam são o tacto, distensão, pressão e vibrações. Por sua vez, estes receptores podem ser encapsulados (com estruturas bem definidas e presentes em locais específicos) e não encapsulados (receptores simples, presentes na pele, tecidos conjuntivos e em torno dos folículos pilosos) (Gartner e Hiatt, 2003).

Uma outra propriedade dos mecanorreceptores é a sua capacidade de adaptação à estimulação, podendo ser de adaptação rápida (fásicos) ou lenta (tónicos) (Jacob et al., 1990; Williams et al., 1995; Ganong, 2000; Seeley et al., 2001; Fox, 2002; Guyton e Hall, 2002; Widmaier et al., 2004). Por um lado, os receptores tónicos transmitem o impulso para o encéfalo continuamente enquanto o estímulo estiver presente (os impulsos dos fusos musculares e dos órgãos tendinosos de Golgi permitem que o SNC esteja informado sobre o estado da contracção muscular e da carga sobre o tendão a cada instante). Por outro lado, os receptores fásicos reagem quando ocorre a alteração, mas não são usados para transmitir um sinal contínuo (uma pressão súbita aplicada a um tecido desencadeia uma resposta do corpúsculo de Pacini por alguns milissegundos, no entanto a excitação do receptor vai diminuindo apesar de a pressão no tecido se manter, sendo que enviará novo sinal ao SNC quando a pressão for retirada. Por outras palavras o corpúsculo de Pacini é importante ao informar sobre as deformações rápidas nos tecidos, mas inútil para a transmissão de informação sobre as condições constantes do corpo) (Guyton e Hall, 2002).

Sabendo a velocidade na qual alguma alteração corporal está a ocorrer, é possível prever mentalmente a posição que o corpo vai adoptar no espaço temporal seguinte (segundos ou mesmo minutos). Por exemplo, alguns receptores do aparelho vestibular detectam a velocidade da cabeça quando esta começa a rodar enquanto se corre ao longo de uma curva. Com esta informação o indivíduo pode prever o quanto irá rodar e ajustar o movimento das pernas, antes do tempo, de forma a manter o equilíbrio. Do mesmo modo, receptores localizados junto ou dentro das articulações ajudam a detectar as velocidades do movimento

O efeito de um programa de exercícios na sensibilidade proprioceptiva do músculo quadríceps. Estudo em jovens futebolistas.

das diferentes partes do corpo (quando se corre, a informação das articulações permite que o sistema nervoso consiga prever onde estarão os pés durante qualquer fracção de segundo). Assim sendo, sinais motores apropriados podem ser transmitidos aos músculos com o objectivo de fazer correcções antecipadas das várias posições a tomar, a todo o instante (Guyton e Hall, 2002).

1.1.1.1 Terminações nervosas livres e os discos de Merkel

Pina (2000), Young e Heath (2001), Fox (2002), Gartner e Hiatt (2003), descrevem que na epiderme se encontram as terminações nervosas livres e os discos de Merkel, ambos receptores não encapsulados.

Young e Heath (2001) e Gartner e Hiatt (2003) afirmam que as terminações nervosas livres respondem a estímulos relacionados com o tacto, pressão, dor e temperatura. Seeley et al. (2001) enunciam a dor, prurido, cócegas, temperatura, movimento articular e propriocepção. Peccin e Pires (2005) afirmam que se podem encontrar ao nível da cápsula articular dos membros, do perióstio, dos tecidos gordurosos, na camada adventícia dos vasos articulares e nas articulações apofisárias das vértebras. Representam os receptores da dor ao nível dos tecidos articulares, possuindo adaptação lenta e moderado limiar mecânico.

Os discos de Merkel são considerados receptores tónicos (Williams et al., 1995; Ganong, 2000), contribuem para a percepção do tacto discriminatório (Gartner e Hiatt, 2003), desempenham funções na pressão superficial e toque leve (Seeley et al., 2001). Pina (2000) acrescenta que estes dois tipos de receptores pertencem aos órgãos exteroceptivos (exteroceptores).

1.1.1.2 Corpúsculos de Meissner

Os corpúsculos de Meissner (receptores encapsulados) são encontrados na derme (Zhang, 1999; Gartner e Hiatt, 2000; Young e Heath, 2001; Fox, 2002; Gartner e Hiatt, 2003), considerados receptores de adaptação rápida (Williams et al., 1995; Ganong, 2000), sensíveis ao tacto (Zhang, 1999; Pina, 2000), especializados na discriminação de dois pontos (Seeley et

O efeito de um programa de exercícios na sensibilidade proprioceptiva do músculo quadríceps. Estudo em jovens futebolistas.

al., 2001), alterações na textura, vibrações lentas (Fox, 2002) e discriminação táctil (Gartner e Hiatt, 2003). Pina (2000) indica que se encontram na epiderme e que fazem parte dos órgãos exteroceptivos.

1.1.1.3 Corpúsculos de Ruffini e de Krause

Pina (2000) e Gartner e Hiatt (2003), expõem que os corpúsculos de Ruffini, receptores tónicos (Williams et al., 1995; Ganong, 2000), e os corpúsculos de Krause estão localizados na derme e são ambos considerados receptores encapsulados.

No entanto, Gartner e Hiatt (2003) acrescentam que os corpúsculos de Ruffini também são encontrados nas cápsulas articulares tendo uma sensibilidade para as mesmas e para a distensão e pressão da pele. Seeley et al. (2001) enumera especificidades deste receptor para o tacto, a pressão contínua (Fox, 2002), depressão e estiramento da pele.

Peccin e Pires (2005) colocam os corpúsculos de Ruffini no interior das cápsulas articulares dos membros, articulação temporomandibular e articulações apofisárias da coluna vertebral, sendo mais numerosos nas articulações proximais. Possuindo baixo limiar mecânico e adaptação lenta (Riemann e Lephart, 2002), sendo activados em todas as posições articulares, mesmo em repouso. Estes autores descrevem-nos como mecanorreceptores estáticos e dinâmicos (Riemann e Lephart, 2002), dependendo da posição, pressão intra-articular e dos movimentos da articulação. Para Pina (2000), estes dois tipos de mecanorreceptores também pertencem aos órgãos exteroceptivos.

1.1.1.4 Corpúsculos de Golgi-Mazzoni e de Vater-Pacini

De acordo com Pina (2000), os corpúsculos de Golgi-Mazzoni e os corpúsculos de Vater-Pacini são encapsulados, localizam-se na hipoderme e pertencem aos órgãos exteroceptivos. Peccin e Pires (2005), indicam que os corpúsculos de Golgi-Mazzoni localizam-se ao nível de todos os ligamentos externos das articulações dos membros, em todos os ligamentos internos, nos ligamentos cruzados do joelho, no ligamento redondo do fémur e nas articulações

O efeito de um programa de exercícios na sensibilidade proprioceptiva do músculo quadríceps. Estudo em jovens futebolistas.

apofisárias das vértebras da coluna. Possuem moderado limiar mecânico, adaptação lenta, sendo estimulados somente com movimentos externos passivos ou activos das articulações.

Young e Heath (2001) referem que os corpúsculos de Pacini, receptores fásicos (Williams et al., 1995; Ganong, 2000; Riemann e Lephart, 2002), são grandes receptores sensoriais que respondem à pressão, vibração e tensão, encontrando-se nas camadas profundas da pele, ligamentos, cápsulas articulares, mesentério, em algumas membranas serosas e vísceras.

Williams et al. (1995) indicam os corpúsculos de Pacini situados nos órgãos genitais de ambos os sexos, braços, pescoço, perióstios, membranas interósseas, junto das articulações e mesentério, relatando estudos extensos onde se comportaram como receptores de adaptação muito rápida e especialmente sensíveis à vibração. Gartner e Hiatt (2003) referem a derme, hipoderme, tecido conjuntivo das articulações e estando especializados na recepção de pressões, tacto e vibrações.

Pressão cutânea profunda, vibração e propriocepção são funções enumeradas por Seeley et al. (2001). Fox (2002), fala em pressão profunda e vibrações rápidas. Peccin e Pires (2005) defendem que se encontram na cápsula articular de todas as articulações, mais frequentemente nas distais. Apresentam limiar mecânico muito baixo, mas adaptação rápida (Riemann e Lephart, 2002), sendo inactivos no repouso, mas activos assim que se inicia o movimento.

Para um melhor entendimento do exposto em seguida, seguiu-se a classificação geral das diferentes fibras nervosas descritas por Guyton e Hall (2002), que as dividem em Fibras do tipo A (que por sua vez podem ser: alfa, beta, gama e delta) e Fibras do tipo C. Os mesmos autores referem que uma classificação alternativa divide as fibras em Ia, Ib, II, III e IV. Estas divisões das fibras nervosas (sensoriais e motoras) têm em consideração o tamanho, a velocidade de condução dos impulsos e se apresentam ou não mielina. De salientar, que as fibras Ia e Ib correspondem às fibras A alfa. As fibras II correspondem às fibras A beta e A gama. As fibras III correspondem às fibras do tipo A delta. Finalmente as fibras IV correspondem às fibras C.

1.1.1.5 Órgãos tendinosos de Golgi

Nas palavras de Gartner e Hiatt (2003), o controle neural da função muscular exige a capacidade de induzir ou inibir a contração muscular e a capacidade de monitorizar o estado dos músculos e tendões, durante a actividade muscular. Esta monitorização é realizada por dois tipos de receptores sensitivos: Os órgãos tendinosos de Golgi (monitorizam a tensão, assim como a extensão e velocidade de como vai sendo produzida a tensão durante o movimento) e os fusos musculares (fornecem informações sobre as mudanças ocorridas no comprimento do músculo, a extensão e a velocidade das alterações desse comprimento).

Os sinais destes dois receptores são quase exclusivamente para o controle muscular intrínseco, operando quase inteiramente a um nível subconsciente, transmitindo uma enorme quantidade de informações para a medula espinhal, cerebelo e córtex cerebral (Guyton e Hall, 2002).

Segundo Widmaier et al. (2004), a tensão depende do comprimento muscular, da carga ou peso exercido nos músculos e do grau de fadiga muscular. Desta forma, é necessário haver um feedback para informar os sistemas de controle muscular sobre as tensões atingidas. Algum deste feedback é dado pela visão bem como por alguns receptores aferentes localizados na pele, músculos e articulações. No entanto, existe um receptor que monitoriza especificamente quanta tensão está a ser exercida pelas unidades contrácteis musculares (fibras extrafusais), ou que está a ser imposta no músculo quando este está a ser alongado por forças externas.

Os órgãos tendinosos de Golgi são terminações nervosas proprioceptivas associadas às fibras de um tendão na junção músculotendinosa, sendo activados quando existe um aumento de tensão ou de velocidade de alteração da tensão ao nível do tendão, pela contração muscular ou pelo estiramento passivo, funcionando como um mecanismo de aviso e protecção. Em presença de tensões elevadas os órgãos tendinosos de Golgi aumentam os seus potenciais de acção resultando na inibição dos neurónios motores dos músculos agonistas e sinergistas (Widmaier et al., 2004), promovendo paralelamente a activação dos neurónios motores do músculo antagonista, evitando assim lesões musculares ou tendinosas causadas por excesso de tensão (Seeley et al., 2001). Por outras palavras, este mecanorreceptor tem uma acção protectora após uma tensão exagerada. A contração muscular proveniente do reflexo

O efeito de um programa de exercícios na sensibilidade proprioceptiva do músculo quadríceps. Estudo em jovens futebolistas.

miotático (promovido pelos fusos musculares) gera uma tensão e acciona os órgãos tendinosos de Golgi através de uma resposta reflexa que acarreta relaxamento na musculatura. Desta forma, estes receptores são específicos e sensíveis às forças desenvolvidas pelo músculo (tensão), promovendo o reflexo miotático inverso, quando a tensão muscular aumenta de forma aguda, proporcionando uma inibição da acção muscular, tendo como resultado uma diminuição da tensão e assim prevenindo músculo e tendão de serem lesados.

Os órgãos tendinosos de Golgi são assim importantes mecanorreceptores musculares que influenciam significativamente a acção muscular, estando dispostos em série com as fibras musculares extrafusais (Ganong, 2000; Iyer et al., 2001).

A magnitude do alongamento do tendão é proporcional à força muscular durante a contracção. O alongamento passivo do músculo não é tão efectivo na activação destes receptores porque as fibras musculares mais elásticas levam muito tempo para se alongar (Williams et al., 1995). Consequentemente, para gerar a actividade nervosa da fibra sensorial Ib, que inerva o órgão tendinoso, o músculo tem de se contrair. A activação das fibras Ib leva à inibição dos neurónios motores, sendo mediada por interneurónios inibidores. Como as fibras Ib disparam sempre que o músculo se contrai, o órgão tendinoso de Golgi actua como um sensor de um sistema de retroalimentação que regula a força muscular por meio da produção de alterações da tensão muscular pelo aumento ou diminuição dos neurónios motores alfa, limitando a força desenvolvida em relação àquela que pode ser gerada sem a possibilidade de ocorrer alguma lesão nos tecidos sob tensão (Iyer et al., 2001).

1.1.1.6 Fusos musculares

Os fusos musculares são essenciais para o controle da contracção do músculo esquelético (actividade complexa, reflectida na complicada estrutura e função do fuso) (Williams et al., 1995; Trans et al., 2009). Iyer et al. (2001), Fox (2002), Guyton e Hall (2002), Gartner e Hiatt (2003), Widmaier et al. (2004), indicam que o músculo esquelético é constituído por fibras extrafusais (as unidades contrácteis do músculo e são inervadas por neurónios motores alfa) e fibras intrafusais (inervadas por neurónios motores gama), no entanto Iyer et al. (2001), refere

O efeito de um programa de exercícios na sensibilidade proprioceptiva do músculo quadríceps. Estudo em jovens futebolistas.

a existência de estudos que apresentam neurónios motores alfa a inervar as fibras intra e extrafusais.

Fox (2002) explica que, como só as fibras extrafusais têm a capacidade para encurtar o músculo, só a estimulação pelos neurónios motores alfa pode levar à contracção muscular, resultando nos movimentos esqueléticos. Quando as fibras extrafusais se contraem em resposta ao estímulo dos neurónios motores alfa, o músculo encurta e a tensão intrafusil diminui, provocando um decréscimo do potencial de acção por parte das fibras intrafusais e diminuindo a sua capacidade de informação. Para prevenir esta perda fisiológica (Miranda, 2005), as fibras intrafusais sofrem uma activação por parte dos neurónios motores gama que, ao estimularem as extremidades (as miofibrilhas estão ausentes da região central das fibras intrafusais) dessas mesmas fibras, garantem um estado de contracção mínimo, levando a zona central da fibra intrafusil a ser estirada (“puxada”) em direcção dos pólos (extremidades), conseguindo assim um reajustamento da sensibilidade dos fusos musculares para que a todo o momento seja possível conhecer o grau de tensão e comprimento muscular (Riemann e Lephart, 2002).

Quando um músculo é alongado, a alteração no comprimento das fibras, pode desencadear uma resposta de contracção reflexa (reflexo de estiramento). Esta resposta proprioceptiva (Ganong, 2000; Pina, 2000; Iyer et al., 2001; Seeley et al., 2001; Fox, 2002; Guyton e Hall, 2002; Gartner e Hiatt, 2003; Widmaier et al., 2004) é iniciada pelo fuso muscular, um receptor sensitivo encapsulado localizado entre e paralelamente às células musculares (Gartner e Hiatt, 2003), observando-se um maior número de fusos nos músculos que participam em padrões de movimentos complexos e por conseguinte verifica-se a existência de menos fusos nos músculos que produzem movimentos menos precisos (Iyer et al., 2001).

O fuso muscular é composto por seis a catorze fibras intrafusais, é envolvido por duas cápsulas (externa e interna), existindo entre estas um líquido rico em glicosaminoglicanos de consistência gelatinosa (Williams et al., 1995). Por sua vez, as fibras intrafusais são de dois tipos: as fibras da bolsa nuclear e as fibras da cadeia nuclear. Além disto, existem dois subtipos das fibras de bolsa nuclear: as dinâmicas (bolsa 1) e as estáticas (bolsa 2) (Williams et al., 1995; Ganong, 2000; Williams et al., 2001; Gartner e Hiatt, 2003).

Dentro de um fusão muscular, as fibras nervosas sensitivas Ia enrolam-se, em espiral, em torno da região nuclear de cada um dos três tipos de fibras intrafusais (bolsa nuclear dinâmica, bolsa nuclear estática e cadeia nuclear) formando as terminações sensitivas primárias. Adicionalmente, terminações nervosas sensitivas secundárias (grupo II) enrolam-se em torno das fibras de cadeia nuclear e das fibras estáticas de bolsa nuclear (Williams et al., 2001; Gartner e Hiatt, 2003).

As regiões contrácteis das fibras intrafusais recebem dois tipos de neurónios motor gama: o dinâmico (inerva as fibras dinâmicas de bolsa nuclear) e o estático (inerva as fibras de cadeia nuclear e as fibras estáticas de bolsa nuclear) (Williams et al., 2001; Gartner e Hiatt, 2003). De acordo com Francisco (2008), estes neurónios gama são activados pelos centros superiores do cérebro, tendo como função manter o fusão em funcionamento, regulando o seu comprimento e a sua sensibilidade independentemente do comprimento global do próprio músculo. A função do fusão muscular é auxiliar na regulação do movimento e na manutenção da postura, detectando e informando o SNC das alterações do comprimento das fibras musculares esqueléticas através do reflexo do estiramento, que é de extrema importância para a manutenção postural. Este reflexo de estiramento ou arco reflexo é activado quando um músculo é sujeito a um alongamento, sendo enviados impulsos até à medula espinhal onde se conectam com interneurónios e geram um potencial excitatório, que é levado de volta para o músculo, por meio de neurónios motores, fazendo com que este se contraia para se contrapor ao alongamento inicial. Os impulsos nervosos provenientes das fibras intrafusais agem não só no músculo agonista, mas também, de forma inconsciente e sem a participação dos centros superiores do SNC, nos músculos sinérgicos e antagonistas, permitindo uma melhor regulação e controlo do movimento reflexo.

Quando um músculo é alongado, as fibras musculares intrafusais também o são, o que leva as fibras sensitivas primárias (Ia) e secundárias (II) a iniciarem um potencial de acção. Tanto as fibras Ia como as II respondem ao estiramento do músculo a uma velocidade constante, no entanto, somente as fibras Ia são capazes de responder a uma mudança de velocidade, fornecendo informações relativas à rapidez do movimento e ao estiramento imprevisto do músculo (Gartner e Hiatt, 2003). Iyer et al. (2001) refere que a diferença entre as fibras Ia e II ocorre quando o comprimento do músculo se altera.

O efeito de um programa de exercícios na sensibilidade proprioceptiva do músculo quadríceps. Estudo em jovens futebolistas.

O disparo dos neurónios motores gama leva à contracção das regiões polares das fibras intrafusais, fazendo com que as regiões contrácteis das fibras intrafusais sejam estendidas (esticadas) em ambas as direcções, o que por sua vez leva à activação das terminações nervosas sensitivas primárias (Ia) e secundárias (II). Esta modulação da actividade por parte dos neurónios motores gama, sensibiliza o fuso muscular, que deste modo se torna capaz de reagir mesmo a pequenos graus de alongamento muscular. Seja através do disparo dos neurónios motores gama dinâmicos que activam as fibras Ia (mas não as fibras II), seja através do disparo dos neurónios motores gama estáticos que aumentam a resposta contínua e constante das fibras sensitivas do grupo Ia e II. Desta maneira, a modulação da actividade dos neurónios motores gama dá ao sistema nervoso a capacidade de ajustar a sensibilidade do fuso muscular (Gartner e Hiatt, 2003).

Williams et al. (1995) acrescentam que os fusos musculares assinalam o comprimento do músculo extrafusar, em descanso, em actividade e na velocidade de contracção. Estas modalidades podem estar relacionadas com os diferentes comportamentos dos três principais tipos de fibras intrafusais e respectivas terminações sensitivas. As fibras de bolsa nuclear dinâmicas estão particularmente relacionadas com rápidas mudanças evidentes no comprimento que ocorrem durante o movimento. As fibras de bolsa nuclear estáticas são menos receptivas ao movimento e as fibras de cadeia nuclear possuem respostas de adaptação relativamente lentas em todos os momentos. Estes elementos podem portanto, detectar mudanças complexas do músculo extrafusar que circunda os fusos, permitindo ao fuso muscular assinalar as flutuações no comprimento, tensão, aceleração, posição e velocidade da mudança do comprimento.

A organização dos fusos é tal que estes são capazes de monitorizar activamente as condições do músculo para permitir comparações entre os movimentos pretendidos e os reais, fornecendo uma entrada detalhada para os centros espinhais, cerebelar, extrapiramidal e cortical do sistema nervoso, relacionados com o estado do aparelho locomotor. Este complexo controle central ainda em estudo, pode levar a novas descobertas visto que já foram descritas terminações simpáticas nos fusos musculares, acrescentando mais possibilidades de mudanças na sensibilidade mediada pelo SNC (Williams et al., 1995).

O efeito de um programa de exercícios na sensibilidade proprioceptiva do músculo quadríceps. Estudo em jovens futebolistas.

De salientar que a maior parte das fibras das vias descendentes motoras realizam as suas sinapses com interneurónios da medula espinhal. Só 10% das fibras descendentes têm sinapses directas com os neurónios motores inferiores. É provável que movimentos muito rápidos sejam produzidos directamente através de sinapses com os neurónios motores inferiores, enquanto a maior parte dos movimentos são produzidos (indirectamente) via sinapses com os interneurónios da medula espinhal, que por sua vez estimulam os neurónios motores. Os neurónios motores superiores (neurónios localizados no cérebro) estimulam habitualmente os neurónios motores alfa e gama simultaneamente, processo conhecido como co-activação alfa-gama (a estimulação alfa leva à contracção muscular e encurtamento; a estimulação gama activa a contracção das fibras intrafusais e elimina o relaxamento dos fusos, que de outra forma ficaria presente à medida que o músculo se encurtava). Desta forma, os fusos musculares continuam sob tensão e mantêm o fluxo de informações para o SNC sobre o comprimento do músculo, mesmo quando este se encurta (Fox, 2002). Miranda (2005), expõe que esta co-activação pode ocorrer durante movimentos voluntários ou involuntários e permite que a informação sobre a tensão/relaxamento muscular exista sempre em quantidade e qualidade suficiente para que seja possível assegurar o controlo da programação motora e um ajustamento contínuo dos movimentos.

1.1.1.7 Arranjos especiais das terminações sensitivas

Williams et al. (1995) explicam que existem outras terminações cutâneas (não foram referidas), que contribuem com informações variadas sobre o estado das superfícies do corpo e outros receptores articulares (não foram abordados), situados perto, ou mesmo nas cápsulas articulares, fornecendo informações sobre a posição, movimentos e forças geradas nesses locais.

Gartner e Hiatt (2003), afirmam que os termorreceptores respondem a variações de temperatura de cerca de dois graus Celsius, são de três tipos: receptores para o calor, receptores para o frio e nociceptores sensíveis à temperatura. Apesar de não terem sido identificados receptores específicos para o calor, presume-se que estes receptores sejam pequenas fibras nervosas desprovidas de mielina, que respondem ao aumento da temperatura. Os receptores para o frio originam-se de terminações nervosas mielínicas, que se ramificam e penetram na epiderme. Como os termorreceptores não são activados por estímulos físicos,

O efeito de um programa de exercícios na sensibilidade proprioceptiva do músculo quadríceps. Estudo em jovens futebolistas.

acredita-se que respondam a diferenças na velocidade de reacções bioquímicas dependentes da temperatura. Estes autores afirmam que os nociceptores são responsáveis pela percepção da dor. Estes receptores são terminações nervosas mielínicas, que se ramificam livremente na derme antes de entrarem na epiderme. Os nociceptores são divididos em três grupos: os que respondem à tensão ou lesão mecânica, os que respondem a extremos de calor ou frio, e os que respondem a compostos químicos como a bradicinina, serotonina e histamina. No entanto, estes dois tipos de receptores (termorreceptores e nociceptores), não fazem parte da propriocepção, pertencendo juntamente com a propriocepção às sensações somáticas sensoriais (Riemann e Lephart 2002a).

1.2 Treino e propriocepção

A associação entre treino, actividade física regular e a propriocepção, constitui um dos vectores em plena investigação em áreas que tentam aprofundar o estado do conhecimento sobre o comportamento e a performance motora, tentando-se descobrir de que forma a propriocepção é influenciada por exercícios específicos ou diferentes níveis de actividade física, em vários núcleos articulares e grupos musculares (Hoffman e Payne, 1995; Euzet e Gahery, 1998; Mattacola e Lloyd, 1997; Docherty et al., 1998; Wong et al., 2001).

Por sua vez, a noção de treino pode ser utilizada em inúmeras e diferentes áreas, contudo a finalidade comum é indubitavelmente reconhecida, ou seja, através de exercícios, atingir um nível mais elevado na área do objectivo previsto (Castelo, 2000). É um processo pedagógico completo, com aspectos bastantes variados que têm uma forma específica de organização, que o converte numa acção sistemática, complexa e global (Verjoshanski, 1990).

Segundo Hoffman e Payne (1995) o treino proprioceptivo é fundamental na reabilitação funcional e reeducação motora, promovendo a diminuição do risco de lesão e permitindo controlar possíveis perdas sensoriais resultantes de lesões. O treino proprioceptivo permite aumentar o controlo e o domínio postural bem como as performances de equilíbrio e a propriocepção em exercício dinâmico. Bernier e Perrin (1998) demonstraram que o treino do equilíbrio e da coordenação melhora alguns aspectos da oscilação postural. Lephart e Henry (*cit. in* Miranda, 2005), acrescentam que formas de treino proprioceptivo podem promover a

O efeito de um programa de exercícios na sensibilidade proprioceptiva do músculo quadríceps. Estudo em jovens futebolistas.

sensibilidade dos órgãos e vias aferentes aumentando a capacidade cinestésica muscular envolvida, agonistas e antagonistas, bem como a capacidade de resposta motora. Fridén et al. (1998) encontraram uma relação entre a performance funcional e a propriocepção.

De acordo com Wong et al. (2001), existe uma forte associação entre a actividade física, o treino regular e a capacidade proprioceptiva, acrescentando que o sedentarismo provoca uma perda progressiva da propriocepção e do controlo motor. O desenvolvimento de uma actividade física regular pode melhorar os programas de elaboração neuromotora que controlam o padrão de movimentos específicos. A propriocepção pode influenciar os níveis de desempenho desportivo, controlo motor, aprendizagem, preservação de capacidades diminuídas com o avançar da idade, prevenção e recuperação de lesões.

Euzet e Gahery (1998) estudaram o efeito da actividade física na capacidade proprioceptiva através da avaliação da sensação de posicionamento articular. Compararam indivíduos sedentários com indivíduos treinados em quatro modalidades desportivas. Foram executados três tipos de exercícios, todos eles baseados na percepção de posicionamento articular e sem o auxílio da visão. Os resultados demonstraram que a sensação da posição articular era mais exacta no grupo de indivíduos treinados.

Como é indicado por Gandevia (2001), a abstinência ao exercício induz efeitos deletérios na estabilidade articular, na activação muscular voluntária, nos tempos de contracção e relaxamento muscular, no volume muscular, na força máxima e no controlo motor. Para além disso, períodos de imobilização completa reduzem a actividade e estimulação dos fusos e órgãos tendinosos de Golgi, ao contrário do treino e da actividade física que promovem um aumento da capacidade de activação e controlo muscular voluntário. Assim quando um atleta se encontra afastado da prática do treino ou da competição devido à ocorrência de lesão muscular ou articular, fica sujeito ao efeito de destreino (Hoffman e Payne, 1995; Euzet e Gahery, 1998). Desta forma, no regresso ao treino e à competição após lesão, torna-se pertinente planear e executar programas de reabilitação funcional que incluam o treino proprioceptivo, permitindo recuperar níveis de força e coordenação (Hoffman e Payne, 1995).

O efeito de um programa de exercícios na sensibilidade proprioceptiva do músculo quadríceps. Estudo em jovens futebolistas.

Mattacola e Lloyd (1997) avaliaram o efeito do treino na propriocepção após a lesão da articulação tibiotalar por entorse. Os resultados do estudo indicaram que o programa de seis semanas (três vezes por semana) produziu melhorias na performance dos três indivíduos que participaram no estudo.

Docherty et al. (1998) investigaram os efeitos do treino de força sobre a articulação do tornozelo em sujeitos com instabilidade articular funcional. O grupo experimental cumpriu um programa de exercício durante seis semanas, com uma frequência de três sessões semanais. O grupo de controlo não fez qualquer tipo de actividade física regular e específica nesse período. O grupo experimental revelou resultados superiores nos testes de avaliação da propriocepção. Os investigadores concluíram que a actividade física (treino de força) desenvolvida foi determinante no aumento da força e na sensação da posição articular (componente da propriocepção).

No entanto, Ashton-Miller et al. (2001) questionam esta linha de pensamento e afirmam que são necessários estudos mais apropriados para verificar se de facto a propriocepção pode ser melhorada ou influenciada positivamente e directamente por certo tipo de exercícios. Argumentam que os resultados encontrados na literatura mostram pouca evidência para suportar a teoria de que o conjunto de exercícios, associados à melhoria das capacidades proprioceptivas, consigam verdadeiramente transformar componentes das mesmas.

Estes investigadores defendem também que ainda é prematuro deduzir que exercícios específicos possam ajudar a prevenir situações de lesão, devendo sim, ser considerados como específicos para melhorar o desempenho dos músculos solicitados (como por exemplo quando se trabalha em tábuas de Freeman), mas não se deveria concluir que isso implicasse uma melhoria de componentes da propriocepção, visto que a realização dos exercícios baseia-se em estímulos previsíveis, muito diferente daquilo que acontece na vida real (estímulos imprevisíveis) e que frequentemente acabam em lesões. Acrescentam que nos métodos seguidos em áreas da reabilitação e em tratamentos pós-lesão, a prescrição destes exercícios proprioceptivos são comuns e levam à ideia de que se está a melhorar a propriocepção de uma articulação em particular (por exemplo a do tornozelo). Criticam inclusivé posições de fundações ligadas às áreas da medicina desportiva e de investigação, por em determinados

O efeito de um programa de exercícios na sensibilidade proprioceptiva do músculo quadríceps. Estudo em jovens futebolistas.

momentos, terem patrocinado cursos de formação em exercícios de equilíbrio, e que por conseguinte, inferiam o seu benefício na propriocepção.

Na exposição das suas posições, estes investigadores, apesar de se centrarem mais na articulação do tornozelo, indicam que os seus argumentos são igualmente válidos para joelho e ombro, referindo que relativamente à verdadeira propriocepção, avaliada em termos das suas modalidades clássicas (exactidão da sensação da posição articular e o limiar para detectar o movimento articular), ainda é cedo para estabelecer relações directas de benefícios com os exercícios, visto que os resultados existentes não são claros. Um aumento na performance das tarefas é habitualmente relacionada com uma melhoria na função sensorial, mas poderia igualmente ser relacionada com uma melhoria na função motora sem qualquer melhoria das capacidades proprioceptivas. Como as relativas contribuições dos vários factores que influenciam o desempenho das tarefas ainda não está devidamente documentado e estudado, pode ser prematuro concluir que alguns exercícios melhorem de facto a propriocepção.

Acrescentam que para testar de forma séria a modulação eferente da informação aferente (o fuso muscular é o único mecanorreceptor cujo ganho pode ser modulado pelo SNC), seria necessário fazer múltiplas experiências, onde idealmente se mediria a acuidade proprioceptiva sem envolver o desempenho de uma tarefa motora. Existem outros mecanismos, para além das adaptações ao nível proprioceptivo, que poderão explicar o modo como, através do processo de treino, as respostas motoras aos estímulos sensitivos aferentes se vêm melhoradas. Uma explicação apresentada pelos investigadores, resulta numa melhor e mais desenvolvida atenção selectiva. Definem a atenção como um processo neurofisiológico através do qual o SNC actua perante informações aferentes julgadas relevantes para o desempenho de actividades específicas, sendo que essas informações podem ser do tipo proprioceptivo. Assim, é possível que os exercícios proprioceptivos e o treino em geral, promovam o desenvolvimento da atenção selectiva para sinais e estímulos proprioceptivos relevantes. Primeiro, estes sinais e estímulos são detectados de modo consciente nas fases de treino iniciais, depois, após vários anos de treino, de um modo inconsciente e autónomo. Desta forma, mesmo no caso de atletas com muitos anos de treino, e quando já detêm uma fluidez consolidada e controlo dos movimentos nas tarefas essenciais ao desempenho da sua modalidade, essas alterações podem ter outras explicações que não se relacionem directamente com o desenvolvimento da propriocepção. A qualidade e o sucesso da

O efeito de um programa de exercícios na sensibilidade proprioceptiva do músculo quadríceps. Estudo em jovens futebolistas.

performance podem dever-se somente a uma melhoria da execução motora e não do desempenho sensorial.

Concluem que existem reduzidas evidências científicas acerca da relação dos exercícios de treino na melhoria da função proprioceptiva, e que se fosse provado que os mesmos melhoravam a propriocepção, então na melhor das circunstâncias, talvez ajudassem a prevenir lesões provocadas no complexo muscular e ligamentar da articulação a ritmos lentos ou intermédios.

Existem alguns investigadores, que colocam determinados tipos de exercícios ou a forma como são executados, como sendo capazes de levar a um decréscimo da acuidade proprioceptiva. Dover et al. (2003), apresentaram resultados nesse sentido. No referido estudo, atletas praticantes de softball, implica actividades de lançamento com o membro superior, e praticantes de actividades desportivas de membro inferior foram avaliados relativamente à sua capacidade de reposicionamento activo do ombro. Os autores concluíram que o grupo de atletas praticantes de softball evidenciou resultados de acuidade proprioceptiva do ombro inferiores aos resultados do grupo de controlo.

No entanto, nas palavras de Miranda (2005), a prestação desportiva exige de jovens atletas um domínio completo sobre uma diversidade de acções motoras específicas da sua modalidade. A aquisição e retenção de novas habilidades desportivas dependem, para além de uma excelente aptidão física e capacidade de aprendizagem, de factores de ordem neural. Torna-se importante para o sucesso dos atletas um controlo muito substancial sobre as suas acções. Modalidades como ginástica, natação sincronizada e saltos para a água baseiam-se principalmente no domínio e controlo corporal (são desenvolvidas performances baseadas em movimentos precisos, harmoniosos e altamente controlados, nos quais são valorizados a fluidez do movimento que decorre da coordenação intra e intermuscular). Noutros desportos a performance mede-se essencialmente pelo modo rápido e eficaz com que os atletas reagem e se adaptam às perturbações impostas pela superfície em que se movem (surf, skate, esqui alpino e esqui aquático), o melhor desempenho traduz-se pela capacidade de adaptação às alterações do perfil da superfície através de um controlo muscular e articular rápido e estável. No atletismo, por exemplo, a propriocepção poderá ajudar no desenvolvimento da velocidade ou na melhoria da técnica de uma disciplina específica.

O efeito de um programa de exercícios na sensibilidade proprioceptiva do músculo quadríceps. Estudo em jovens futebolistas.

O mesmo autor acrescenta que a propriocepção é igualmente uma componente importante na estrutura da performance das modalidades colectivas. No futebol são abordadas múltiplas capacidades, desenvolvidas diariamente nas sessões de treino, tendo em vista uma melhoria contínua da performance na resolução das tarefas do jogo. Existe um somatório de acções que se pretendem intensas e coordenadas, diminuindo os períodos de reacção aos estímulos e elaborando programas de movimento que sejam executados rapidamente, eficientemente e atempadamente. De salientar que o futebol é um desporto realizado principalmente através da mobilização dos membros inferiores (extremidades distais menos dotadas de sensibilidade e em que a motricidade grossa é predominante). Desta forma, a sensibilidade táctil, a velocidade empregue na execução dos movimentos, a condução de objectos, depende da integridade de coordenação intermuscular e de um elevado controlo corporal (a fluidez entre acções musculares concêntricas e excêntricas realizadas em acções motoras de drible e de esquiva têm por base a actividade dos mecanorreceptores existentes nos músculos e articulações), assentando em pressupostos como a acuidade sensorial, a programação motora e o controlo do movimento. A função proprioceptiva é essencial no desempenho desportivo dos atletas, sendo o grau de desenvolvimento e a especificidade de funcionamento das suas estruturas, determinante na formação de novas habilidades motoras e na evolução para níveis de execução mais complexos.

1.3 Avaliação da propriocepção

O primeiro investigador, segundo Ashton-Miller et al. (2001), a avaliar a propriocepção foi Goldscheider, que há mais de 100 anos mediu e comparou as mais pequenas rotações articulares que poderiam ser detectadas em nove articulações do corpo humano. Goldscheider *cit. in* Ashton-Miller et al. (2001), foi um dos pioneiros a quantificar as posições e orientações dos segmentos corporais. Este investigador concluiu dos seus dados, que continham cerca de 4000 medições, que era a articulação do ombro que melhor detectava as alterações angulares (limiar mais baixo), e o tornozelo a articulação onde era mais difícil aferir essas mesmas rotações (limiar mais alto).

Ashton-Miller et al. (2001), indicam que os métodos clássicos para testar a propriocepção, envolvem por um lado, o uso de métodos similares aos usados por Goldscheider para

O efeito de um programa de exercícios na sensibilidade proprioceptiva do músculo quadríceps. Estudo em jovens futebolistas.

determinar o limiar mínimo para a detecção do movimento articular (cinestesia), e por outro lado, o uso de métodos para determinar a sensibilidade (sensação) da posição articular, medida pela precisão de reposicionamento do membro para uma posição alvo (Janwantanakul et al., 2003), sem o auxílio da visão.

Como indicado por Tremblay et al. (2001), a capacidade de perceber a posição articular é apenas um dos componentes do sistema proprioceptivo, que também inclui as capacidades para sentir o movimento (amplitude e velocidade angular) e perceber força e peso, sendo a percepção do peso particularmente importante, tanto do ponto de vista histórico como do ponto de vista conceptual. Segundo estes investigadores, Weber em 1834, foi o primeiro a aperceber-se da importância da percepção do peso em relação ao que ele chamou na altura de “sensação muscular”, observando e referindo que a discriminação de pesos eram mais precisas e exactas, quando os objectos eram levantados activamente em vez de serem passivamente colocados na pele, providenciando as primeiras evidências de que os sinais oriundos da contracção muscular participavam na percepção do peso. Esta descoberta foi sendo confirmada em investigações posteriores que demonstravam a capacidade de perceber força e peso.

Apesar de Riemann et al. (2002), afirmarem que as complexas relações e interacções dos diversos componentes individuais do sistema sensoriomotor, do qual a propriocepção faz parte, tornarem a sua avaliação específica, uma tarefa extremamente difícil, descrevem diferentes técnicas de investigação, desenvolvidas para medir as três submodalidades conscientes da propriocepção: sensação da posição articular, cinestesia e a sensação de tensão muscular.

Estes investigadores referem que a sensação da posição articular, mede a acuidade em replicar um determinado ângulo, de forma activa ou passiva, em cadeia cinética aberta ou fechada. Quanto maior a acuidade proprioceptiva do indivíduo menor será a diferença entre o ângulo replicado e o ângulo que o indivíduo deveria replicar. Acrescentam que existem formas directas e indirectas de avaliação da sensação da posição articular. Como formas directas aparecem os sistemas de vídeo, goniómetros, electrogoniómetros, potenciómetros, dinamómetros isocinéticos, sistemas de análise de movimento electromagnéticos e outros dispositivos e como formas indirectas, as escalas analógicas visuais (Barrett, 1991; Swanik et

O efeito de um programa de exercícios na sensibilidade proprioceptiva do músculo quadríceps. Estudo em jovens futebolistas.

al., 1996; Brockett et al., 1997; Stillman et al.; Zia et al. 2000; Tripp et al., 2006; Suprak et al., 2007; Brindle et al., 2009).

A cinestesia é avaliada através do limiar de detecção de movimento passivo (Myers e Lephart, 2000; Riemann et al., 2002) que quantifica a capacidade do indivíduo de, conscientemente, detectar o movimento articular e é muitas vezes avaliada em dispositivos construídos para o efeito. Para avaliar a cinestesia pode ser ainda testado o limiar de detecção da direcção do movimento passivo. Neste caso, para além de detectar o início do movimento passivo, o indivíduo terá também de detectar a direcção do mesmo (Risberg et al., 1999).

A sensação de tensão muscular é avaliada, segundo Riemann et al. (2002), pela capacidade de reprodução de uma percentagem de torque produzido previamente. A capacidade de reprodução de força foi utilizada como forma de avaliação da propriocepção em alguns estudos (Brockett et al., 1997; Stillman et al., 1998; Dover e Powers, 2003). Outra forma de avaliar a noção de tensão muscular é através das tarefas de discriminação de pesos, nas quais duas cargas sucessivas são apresentadas ao indivíduo que terá de referir qual é a mais pesada ou a mais leve (Grouios et al., 2001).

Para considerações conscientes da sensação de força ou tensão, como por exemplo inferir acerca do peso de um determinado objecto, vários receptores sensoriais (como os corpúsculos de Vater-Pacini, Ruffini e Meissner) transmitem sinais importantes relativamente à tensão intra-muscular e pressão na pele. Estes mecanorreceptores cutâneos captam a informação e enviam-na para a medula espinhal e, via tronco cerebral e tálamo, para o córtex cerebral. Sendo no córtex cerebral que se gera a sensação consciente da percepção do estímulo (Grouios et al., 2001).

Capítulo II – Material e Métodos

2.1 Objectivos, hipóteses e variáveis

O objectivo geral deste trabalho é avaliar o efeito de um programa de exercícios sobre a sensibilidade proprioceptiva do joelho dominante em jovens futebolistas, de forma a verificar se haveria um acréscimo na mesma, depois da aplicação do protocolo de exercícios neuromusculares.

Como objectivo específico, definimos comparar a sensibilidade proprioceptiva do joelho dominante, de jovens atletas do sexo masculino, praticantes de futebol, antes e após a realização de um protocolo de exercícios neuromusculares, através de uma avaliação de discriminação de pesos.

Como hipótese de trabalho consideramos que é possível observar alterações significativas na sensibilidade proprioceptiva do joelho, avaliada num teste de discriminação de pesos, antes e após a realização de um protocolo de exercícios neuromusculares.

Foi definida como variável independente o protocolo de exercícios neuromusculares, e como variável dependente, a acuidade proprioceptiva avaliada pela prestação nos testes de discriminação de pesos.

2.2 Caracterização da amostra

A pesquisa considerou exclusivamente futebolistas dos escalões de formação e do sexo masculino. Partiu-se do pressuposto que os escalões de prática desportiva definidos pela Federação Portuguesa de Futebol estão directamente relacionados com a idade cronológica dos praticantes, sendo os iniciados mais novos do que os juvenis e estes mais novos do que os júniores.

O efeito de um programa de exercícios na sensibilidade proprioceptiva do músculo quadríceps. Estudo em jovens futebolistas.

A amostra foi constituída por jovens futebolistas (6 iniciados, 6 juvenis e 6 júniores), com o mínimo de 14 anos e máximo de 18 anos de idade), pertencentes ao Padroense Futebol Clube, que se disponibilizaram voluntariamente para participar no estudo, com uma média de idades de 15,9 anos (dp 1,626). O peso teve como valor médio 69,8 kg (dp 5,186) e a altura média foi de 1,75 m (dp 0,048). Foi dada a indicação aos atletas para não alterarem a sua rotina diária de actividade física. Os sujeitos da amostra, num total de 18, residentes no distrito do Porto, inscritos como praticantes na Associação de Futebol do Porto, foram divididos em 2 grupos:

Quadro 1: Caracterização da amostra relativamente a idade, peso e altura.

	Média (dp)	Min	Med	Max
Idade	15,9 (1,6)	14	16	18
Peso	69,8 (5,2)	60,5	70,2	79,5
Altura	1,75 (0,0)	1,67	1,74	1,84

dp – Desvio Padrão; Min – Mínimo; Med – Mediana; Max- Máximo

Quadro 2: Caracterização dos grupos de trabalho de acordo com a idade, peso e altura.

Grupos	Siglas	n	Idade (anos) Média (dp)	Peso (Kg) Média (dp)	Altura (m) Média (dp)
Experimental	GE	9	15,89 (1,62)	68,77 (4,84)	1,75 (0,04)
Controlo	GC	9	16 (1,73)	70,84 (5,59)	1,75 (0,06)

n – número de sujeitos.

O grupo experimental (GE) constituído por 9 atletas, foi submetido a um protocolo de exercícios neuromusculares e realizou os testes de avaliação (pré e pós protocolo). O grupo de controlo (GC), também com 9 atletas, apenas realizou os testes de avaliação (pré e pós protocolo). Paralelamente à realização do protocolo de exercícios neuromusculares, todos os atletas, de ambos os grupos, continuaram a desenvolver a sua prática desportiva normal.

Crítérios de exclusão

Como critério de exclusão, foi tido em consideração, qualquer indivíduo que possuísse um histórico de lesão no joelho dominante, disfunção sensorial ou problema neuromuscular no membro inferior dominante (Tremblay et al., 2001).

O efeito de um programa de exercícios na sensibilidade proprioceptiva do músculo quadríceps. Estudo em jovens futebolistas.

Considerações éticas

Foi entregue aos participantes um documento explicativo de todo o processo, natureza e objectivos da pesquisa. Foram informados os encarregados de educação e obtida a sua aprovação através da assinatura do consentimento informado, de acordo com a Declaração de Helsínquia de 1964, que evidenciou todo o procedimento do estudo, assim como, o direito de o abandonarem em qualquer altura.

2.3 Procedimentos Metodológicos

Na recolha dos dados foi utilizado o seguinte material:

Medições Antropométricas

- Fita métrica, graduada em centímetros;
- Balança portátil (BH Fitness DC 15).

Medição dos pesos

- Balança Bizerba (BS 400)

Avaliação da sensibilidade proprioceptiva

- Cadeira de Fortalecimento Convencional

Material utilizado na execução do Protocolo de Exercícios

- Colchão;
- Step;
- BOSU (“Both Sides Up Balance Trainer”)

Ambos os grupos (GE e GC) foram avaliados num momento inicial, prévio à realização do protocolo de exercícios neuromusculares, e depois foram novamente avaliados após a conclusão do protocolo que teve a duração de quatro semanas.

2.3.1 Procedimento para a avaliação da sensibilidade proprioceptiva

A capacidade dos participantes em discriminar diferentes pesos foi testada numa cadeira comum de fortalecimento, que está equipada com um sistema de alavanca que permite a utilização de pesos livres.

A alavanca lateral da cadeira de fortalecimento (onde os diferentes pesos são colocados) foi retirada, de forma a obter a sua pesagem, para verificar se correspondia aos critérios definidos pelo protocolo. De acordo com Tremblay et al. (2001), no estudo piloto que realizou, o peso da alavanca não deveria ser superior a 2,5 kg, de maneira a não causar fadiga muscular nos participantes durante a avaliação, visto que cada indivíduo teria que efectuar muitos movimentos de levantamento de pesos.

A alavanca utilizada neste estudo registou um peso de 2 kg, ficando dentro dos critérios definidos e permitindo assim calcular com base nas percentagens protocolares: 4%, 11%, 16% e 20%, as cargas de peso a utilizar. Foram encontrados os valores de 0,08 kg, 0,22kg, 0,32 kg e 0,40 kg respectivamente para cada percentagem apresentada, tendo em consideração o peso de 2 kg da alavanca. O quadro seguinte apresenta os valores calculados:

Quadro 3: Demonstração dos cálculos efectuados para a obtenção dos pesos utilizados.

Peso da alavanca 2 kg				
Percentagem Protocolar	4%	11%	16%	20%
Pesos calculados	(4% * 2 kg) 0,08 Kg	(11% * 2 kg) 0,22 Kg	(16% * 2 kg) 0,32 kg	(20% * 2 kg) 0,40 kg
Peso da Alavanca + peso calculado	2,08 Kg	2,22 Kg	2,32 kg	2,40 kg

Este conjunto comparativo de pesos abrange a capacidade humana para a discriminação de pesos desde um patamar considerado de fácil (16% e 20%) até ao patamar de difícil (11% e 4%) (Tremblay et al., 2001).

O efeito de um programa de exercícios na sensibilidade proprioceptiva do músculo quadríceps. Estudo em jovens futebolistas.

Como ilustra a Figura 1 e seguindo o protocolo de Tremblay et al. (2001) o teste é efectuado por cada indivíduo, que se encontra confortavelmente sentado na cadeira do quadríceps com a articulação coxo-femoral em, aproximadamente, 100° de flexão e o joelho a 90°. O dispositivo em contacto com a perna do participante foi colocado 5cm acima do maléolo medial do membro inferior dominante. Os participantes recebiam em seguida as instruções relativas à execução da tarefa a desempenhar. Eram informados de que a tarefa consistia em efectuar movimentos activos de levantamento de pesos com o seu membro inferior de forma a compararem os mesmos. Foi-lhes explicado que poderiam escolher qualquer amplitude de movimento (entre os 90° e os 180°), velocidade de movimento e modos de contracção (concêntrico ou excêntrico), de forma a poderem comparar os pesos.

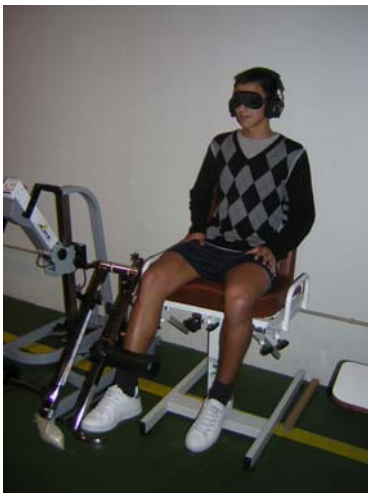


Figura 1: Posição assumida pelos sujeitos na avaliação da sensibilidade proprioceptiva.

Para prevenir desvios, os sujeitos não eram informados que o peso da alavanca (2 kg) iria ser utilizado como peso na tarefa (peso standard). Para além disto e de forma a evitar pistas de pressão, a alavanca era sempre retirada do contacto do indivíduo em teste, durante o procedimento de colocar pesos e retirar os mesmos. A cada participante foi colocado uma venda nos olhos e procedeu-se a uma série de ensaios de treino, que consistiam em 5 discriminações fáceis, entre o peso standard (2 kg) e o peso comparativo (0,40 kg) + o peso standard e 5 discriminações mais difíceis, comparar entre o peso standard e o peso comparativo (0,22 kg) + o peso standard. Durante este “treino” era dado um feedback aos participantes da performance do seu desempenho, ou seja, se estavam a responder correctamente ou não. Mal terminava esta sessão de treino, os sujeitos continuavam vendados e eram colocados dispositivos nas orelhas para reduzir ao máximo qualquer pista sonora.

O efeito de um programa de exercícios na sensibilidade proprioceptiva do músculo quadríceps. Estudo em jovens futebolistas.

Em resumo, o protocolo consistia em 2 escolhas forçadas alternadas (primeira ou segunda), durante uma série comparativa, mediante a apresentação de dois pesos diferentes: o peso standard (peso da alavanca: 2 kg) e um peso comparativo, por exemplo o incremento de 0,40 kg ao peso standard. Após receberem uma pista tátil (pequeno toque dado pelo investigador no joelho do sujeito em teste), este levantava cada um dos dois pesos da série e respondia apenas qual o que lhe pareceu mais pesado, o primeiro peso ou o segundo. A ordem da apresentação (standard versus comparativo) foi pseudo-aleatório, e as duas alternativas eram igualmente prováveis durante um bloco de 14 ensaios.

Cada um dos pesos comparativos era apresentado dentro de um bloco de 28 apresentações – como ilustra a Tabela 1. Como habitual em paradigmas de discriminação, os pesos comparativos são apresentados em 4 blocos sucessivos de dificuldade crescente (começa-se com o peso de 0,40 kg até se chegar ao de 0,08 kg).

Tabela 1: Protocolo usado na discriminação de pesos.

Ensaio	Ordem de apresentação dentro de um bloco	Alternativas 1. ^a ou 2. ^a	Resposta do Atleta *
1	Peso standard (2kg) → peso comparativo	2. ^a	
2	Peso comparativo → peso standard (2kg)	1. ^a	
3	Peso comparativo → peso standard (2kg)	1. ^a	
4	Peso standard (2kg) → peso comparativo	2. ^a	
5	Peso comparativo → peso standard (2kg)	1. ^a	
6	Peso standard (2kg) → peso comparativo	2. ^a	
7	Peso standard (2kg) → peso comparativo	2. ^a	
8	Peso comparativo → peso standard (2kg)	1. ^a	
9	Peso standard (2kg) → peso comparativo	2. ^a	
10	Peso comparativo → peso standard (2kg)	1. ^a	
11	Peso comparativo → peso standard (2kg)	1. ^a	
12	Peso standard (2kg) → peso comparativo	2. ^a	
13	Peso standard (2kg) → peso comparativo	2. ^a	
14	Peso comparativo → peso standard (2kg)	1. ^a	
14 ensaios	28 apresentações	7 (1. ^a) 7 (2. ^a)	% Respostas Correctas

* Resposta do Atleta: qual dos 2 pesos é o mais pesado, 1.^o ou 2.^o?

Apesar de não ter sido imposta qualquer restrição no movimento de levantar os pesos, a maior parte dos sujeitos optou por uma estratégia de subir e baixar o peso, antes de responder.

O efeito de um programa de exercícios na sensibilidade proprioceptiva do músculo quadríceps. Estudo em jovens futebolistas.

Durante a execução da tarefa que demorava cerca de 10 a 15 minutos para cada indivíduo não era dado qualquer tipo de feedback.

2.3.2 Programa de Treino Neuromuscular

Seguindo o protocolo de Coughlan e Caulfield (2007), os atletas do GE tiveram de completar cinco sessões de treino por semana (uma por dia) durante quatro semanas, e, continuariam a desenvolver a sua actividade desportiva normal.

O objectivo do programa de treino foi providenciar uma exigência progressiva de exercícios em cadeia cinética fechada para os membros inferiores de forma a pôr à prova o sistema neuromuscular dos atletas.

O programa de treino foi dividido em quatro grupos de exercícios (A, B, C e D, conforme Tabela 2), com exercícios específicos de cada grupo a serem implementados durante uma semana. Cada um dos grupos de exercícios tinha cinco níveis de dificuldade. Cada atleta só transitava para o nível seguinte quando executava os exercícios com segurança e facilidade.

Tabela 2: Protocolo de exercícios neuromusculares

Nível	Exercícios			
	A	B	C	D
1	* Agachamentos (ag) com controlo lombar (2x10) * Levantar os dedos dos pés (2x20) * Levantar calcanhares (2x20)	* ag na BOSU* (2x10)	* Compressões na BOSU (2x20)	* Saltar para a frente/trás para a BOSU (2x20)
2	* Exercício de esqui na BOSU (2x10) * Levantar calcanhar de um membro inferior (mi) (2x10)	* Saltar para o step com ambos os pés (2x15)	* Subir para o step só com um mi (2x10) * Descer do step só com um mi (2x10)	* Flectir um mi para a frente (2x10) * Flectir um mi lateralmente (2x10)
3	* ag de um mi (2x10)	* Igual a B2, com o step mais elevado	* Igual a C2, com o step mais elevado	* Saltar com uma perna para a frente (2x10) e para os lados (2x10)
4	* ag de um mi (2x10) e aguentar em posição mais baixa no 10.º ag	* Saltar para a BOSU com os 2 mi (2x10) * Saltar lateralmente para a BOSU com os 2 mi (2x10)	* Subir para a BOSU só com um mi (2x10) * Descer da BOSU só com um mi (2x10)	* Saltar com uma perna para a BOSU (2x10) * Saltar lateralmente com uma perna para a BOSU (2x10)
5	* ag de um mi na BOSU (2x10)	* Flexão da anca e joelho ao nível da cintura na BOSU (2x20)	* Flectir um mi para a BOSU com o outro no step (2x10)	* igual ao D4, mas com uma distância de salto maior

O efeito de um programa de exercícios na sensibilidade proprioceptiva do músculo quadríceps. Estudo em jovens futebolistas.

2.3.3 Delineamento experimental

Realizou-se a exposição dos dados da forma descrita no Quadro 4 para simplificar a sua interpretação.

Quadro 4: Delineamento Experimental.

Grupos	Avaliação	Treino	Avaliação
GE	Pré-teste	Programa de Exercícios	Pós-teste
GC	Pré-teste		Pós-teste

2.3.4 Procedimentos estatísticos

Os dados obtidos foram analisados, com base em Pestana e Gageiro (2000). A análise dos dados foi efectuada a partir dos recursos aos programas Excel 2003 e utilizando o programa informático PASW (Predictive Analytics Software) Statistics versão 18.0.

Na análise descritiva da amostra analisada, foram aplicadas estatísticas de sumário apropriadas. As variáveis foram descritas através de frequências absolutas e relativas, mínimo e máximo para as variáveis categóricas e as medidas de tendência central e de dispersão para as variáveis numéricas (média e desvio padrão para as variáveis com distribuição normal, mediana, mínimo e máximo para as variáveis com distribuição assimétrica).

Numa análise indutiva dos dados foi aplicado o teste Shapiro-Wilk que revelou que a amostra não seguia uma distribuição normal. Daí ter-se depois realizado o teste de Wilcoxon, para verificar a existência de diferenças significativas nas percentagens de respostas correctas, registada nos dois momentos de avaliação. Foi também efectuado o teste Mann-Whitney para verificar a existência de diferenças significativas entre o grupo experimental e controlo antes e após o período de exercícios. Em todos os testes de hipóteses foi considerado um nível de significância de 0,05.

Capítulo III – Resultados

Para avaliar a possibilidade de utilização dos testes paramétricos, foi efectuado o teste de Shapiro-Wilk, indicado para amostras com menos de 50 indivíduos, para verificar se o conjunto das observações recolhidas se pode considerar proveniente de uma população com distribuição normal.

Para o efeito, foram formuladas as seguintes hipóteses:

H0: os dados seguem distribuição Normal

H1: os dados não seguem uma distribuição Normal.

Uma vez que o valor-p encontrado foi menor que 0,05 (o nível de significância definido) rejeitou-se a hipótese dos dados poderem ter sido retirados de uma população que seguia a normalidade, e por conseguinte não se pôde proceder a testes paramétricos para verificar a existência de melhorias em cada grupo, bem como de diferenças significativas entre os dois grupos (controlo e experimental).

Deste modo, procedeu-se de seguida ao teste de Wilcoxon, para verificar a existência de diferenças significativas nas percentagens de respostas correctas, registada nos dois momentos de avaliação antes e após o período de exercícios. Foi efectuado o teste de Wilcoxon em detrimento do teste t-student, pois um dos pressupostos de aplicação deste teste falhou, o da normalidade da distribuição dos dados.

A hipótese nula, ausência de efeito do protocolo na capacidade discriminativa de pesos, foi definida como:

H0: não há diferenças entre a percentagem média de respostas correctas antes e após o protocolo de exercícios neuromusculares.

Era objectivo do trabalho, usando a estatística inferencial, rejeitar a hipótese definida anteriormente, e por conseguinte provar a existência de um aumento significativo de respostas correctas por parte dos atletas submetidos ao protocolo.

O efeito de um programa de exercícios na sensibilidade proprioceptiva do músculo quadríceps. Estudo em jovens futebolistas.

Analisando os dados do Quadro 5, verificamos que não houve evidência estatística, para um nível de significância de 0,05, que permitisse afirmar a ocorrência de melhorias no grupo de controlo, uma vez que as diferenças na percentagem de respostas correctas antes e após o período de duração do protocolo, não são significativas.

Quadro 5: Diferenças na sensibilidade proprioceptiva do grupo controlo (percentagem de respostas correctas)

		Antes		Após		Valor-p*
		M	(DP)	M	(DP)	
Peso	400 g	94,4	(0,0)	96,0	(0,0)	0,317
	320 g	93,7	(0,1)	93,7	(0,0)	1,000
	220 g	81,7	(0,1)	83,3	(0,0)	0,480
	80 g	64,3	(0,1)	65,1	(0,1)	0,705

*Teste de Wilcoxon

Ao comparar os dois momentos de avaliação do grupo experimental (ver Quadro 6), verificamos que os resultados são ligeiramente diferentes, pois para o peso de 220g verificamos a existência de diferenças significativas ($p < 0,05$).

Quadro 6: Diferenças na sensibilidade proprioceptiva do grupo experimental (percentagem de respostas correctas)

		Antes		Após		Valor-p*
		M	(DP)	M	(DP)	
Peso	400 g	96,0	(0,0)	98,4	(0,0)	0,083
	320 g	93,7	(0,0)	95,2	(0,1)	0,157
	220 g	86,5	(0,1)	89,7	(0,1)	0,046
	80 g	68,3	(0,1)	72,2	(0,1)	0,132

*Teste de Wilcoxon

No entanto, devemos salientar que é preciso ter alguma atenção uma vez que o valor-p é muito marginal, ou seja, muito próximo de 0,05. Pela observação do mesmo quadro, nos restantes pesos, tal como no grupo controlo, não se verificaram diferenças significativas, para um nível de significância de 0,05.

O efeito de um programa de exercícios na sensibilidade proprioceptiva do músculo quadríceps. Estudo em jovens futebolistas.

Tal como anteriormente, e uma vez que o teste de Shapiro-Wilk evidenciou que a amostra não seguia uma distribuição normal, não se procedeu à utilização do teste t para duas amostras independentes, mas ao respectivo teste não paramétrico. Assim, foi efectuado o teste Mann-Whitney para verificar a existência de diferenças significativas entre o grupo experimental e controlo antes e após o período de implementação do protocolo de exercícios neuromusculares (ver Quadro 7).

No que respeita às diferenças entre os dois grupos, não se verificaram diferenças significativas em nenhuma categoria de pesos (valor – p >0,05).

Quadro 7: Diferenças na sensibilidade proprioceptiva entre o GE e o GC antes e após a implementação do protocolo de exercícios neuromusculares.

		Antes entre GC e GE	Após entre GC e GE
		Valor-p*	Valor-p*
Peso	400 g	0,331	0,283
	320 g	0,961	0,453
	220 g	0,193	0,138
	80 g	0,282	0,298

*Teste de Mann-Whitney

Capítulo IV – Discussão

O objectivo deste estudo teve por base determinar qual o efeito de um programa de exercícios neuromusculares sobre a melhoria da sensibilidade proprioceptiva do joelho dominante, em jovens futebolistas do sexo masculino.

Na pesquisa de opiniões, respostas, pontos de vista e enquadramento dos vários argumentos encontrados na literatura, foi procurado neste capítulo enquadrar as diferentes posições, bem como ilustrar e comparar as escolhas metodológicas e procedimentos adoptados.

O espectro de artigos publicados sobre a propriocepção e áreas relacionadas é muito vasto. A sua revisão demonstra haver diversas perspectivas de análise, nem sempre concordantes nos resultados, mas com argumentação e discussão desenvolvidas. Os principais aspectos de controvérsia ou de divergência assentam, sobretudo, em questões de definição da propriocepção (Myers et al., 1999; Safran et al., 1999; Aydin et al., 2001; Edin, 2001; Jones, 2001; Baltaci e Kohl, 2003; Edmonds et al., 2003), das suas estruturas e funções (Lephart et al., 1997; Myers e Lephart, 2000; Williams et al., 2001), componentes envolvidos (Williams et al., 2001; Bennell et al., 2003; Dover e Powers, 2003), metodologia utilizada nas investigações, nomeadamente nos métodos e instrumentos de avaliação da propriocepção, e também na interpretação dos dados obtidos (Williams et al., 2001; Fridén et al., 2001). Apesar de largamente debatido, trata-se de um tema de interesse actual, cuja extensão e complexidade apontam para a necessidade de mais estudo e reflexão crítica (Ashton-Miller et al., 2001; Cerulli et al., 2001; Hiemstra et al., 2001; Williams et al., 2001; Riemann e Lephart, 2002a).

Riemann et al. (2002) indicam que a questão da avaliação da propriocepção coloca problemas de ordem conceptual e metodológica, isto é, questões associadas à análise do movimento nos vários planos e eixos de acção, bem como outras decorrentes das limitações técnicas e processuais. Assim, consideradas as várias formas de avaliação da propriocepção, é possível considerar factores susceptíveis de influenciar o valor e a interpretação dos resultados, visto que, um dos problemas encontrados várias vezes pelos investigadores no estudo da propriocepção é se, na realidade, o que está a ser medido é apenas a função proprioceptiva. Os testes mais utilizados apresentam-se sempre como tendo validade na mensuração da

proprioceptividade, porém, os resultados podem ser influenciados por factores vários, os testes que avaliam as faculdades sensoriais podem não ser independentes do contexto em que a tarefa se realiza. Esta situação da relação e associação entre a propriocepção e outras fontes sensoriais tem suscitado algumas discussões na aplicação de certos testes, nomeadamente naqueles cujas tarefas que se baseiam no equilíbrio, visto que este depende de várias aferências sensoriais provenientes dos músculos e articulações, visão, aparelho vestibular e cerebelo (Widmaier et al., 2004). As variáveis medidas reflectem apenas indirectamente a actividade das estruturas sensoriomotoras no seu conjunto. Por outro lado, os métodos de avaliação mais utilizados não controlam totalmente o envolvimento de outros sistemas sensoriais, como o visual e vestibular, cuja influência se confunde com a propriocepção (os investigadores que avaliam a sensação de posição articular ou a cinestesia tentam eliminar pistas externas como a visual, a vestibular e a cutânea, limitando o desempenho às pistas relevantes para o estudo). Torna-se difícil, por isso, recolher dados estritamente resultantes da função proprioceptiva, sendo que as principais críticas a fazer à avaliação indirecta se situam ao nível da maior ou menor capacidade de precisão no controlo das diferentes variáveis susceptíveis de influenciar os resultados, suscitando questões acerca da sua fiabilidade. Actualmente não são conhecidos métodos que possam visar o estudo directo dos centros nervosos de integração ou programação neuromotora, este é um facto que não pode ser esquecido quando se interpretam os resultados (Riemann et al., 2002).

Fridén et al. (2001), especifica que diversos testes para avaliar a propriocepção do joelho foram descritos, mas ainda não há consenso ou critérios de referência bem definidos. Na investigação recorrendo à manipulação cirúrgica em animais, é possível isolar componentes e mecanismos específicos do sistema sensoriomotor. Em contraste, frequentemente nos estudos desenvolvidos em humanos, tem que se recorrer a populações com “deficiências” específicas ou induzidas temporariamente de forma artificial, para investigar as condições definidas. Embora estejam disponíveis, para a investigação “in vivo” em humanos, diferentes técnicas de avaliação, instrumentos e aparelhos, são poucas as que conseguem avaliar somente a variável alvo em estudo (Riemann et al., 2002).

Hiemstra et al. (2001), indicam que nos últimos anos a investigação tem provado a existência de certas condições específicas que podem ocorrer nos testes de avaliação da função proprioceptiva, e que influenciam os resultados. Eixos e planos de movimento (planos e eixos

O efeito de um programa de exercícios na sensibilidade proprioceptiva do músculo quadríceps. Estudo em jovens futebolistas.

de movimento em que se realizam as tarefas de avaliação podem ter algum impacto sobre os resultados, dado que a funcionalidade e sensibilidade da maioria das articulações e segmentos articulares está especificamente desenvolvida em determinados planos de acção, encontrando-se diminuída noutros), modos de acção activo (na articulação do joelho existe maior acuidade nas acções activas) ou passivo. Lephart et al. (1997) são da opinião que os testes passivos são os mais eficazes na avaliação dos mecanorreceptores articulares e os testes activos são mais eficazes na avaliação dos mecanorreceptores musculares. Porém, não é razoável esperar que os testes activos isolem a actividade dos receptores musculares, ou que os testes passivos isolem a actividade dos receptores articulares. Outras condições que podem influenciar a avaliação da propriocepção dizem respeito, à velocidade do movimento articular durante a execução dos testes (Ashton-Miller et al., 2001), a utilização ou não do pré-teste, aplicação de cargas com características distintas na duração e intensidade, desrespeito pelas variáveis inerentes à calibração dos aparelhos, postura dos sujeitos e posição angular dos segmentos durante o teste e comparação bilateral, podem induzir a alterações sobre a performance e o desempenho proprioceptivo durante os protocolos de avaliação (Riemann et al., 2002). Estes autores acrescentam que quer se trate de testes em modo passivo ou activo, os sinais ou impulsos de origem tendinosa e articular serão em maior número sempre que o teste se aproxime do limiar articular, aumentando a capacidade de resposta dos receptores sensoriais. Em movimentos de amplitude média os receptores revelam ter menor sensibilidade, uma vez que nesta situação os ligamentos, músculos e cápsula articular estão em menor tensão do que em amplitudes articulares extremas.

Segundo Gandevia (2001), quando a avaliação da sensibilidade proprioceptiva se baseia em testes cinestésicos e de percepção de tensão muscular (Hiemstra et al., 2001) geralmente ocorrem diferenças significativas. O grau de especificidade das tarefas ou exercícios criados para a avaliação da propriocepção varia em função do maior ou menor número de núcleos articulares e grupos musculares envolvidos. Neste sentido, a especificidade será ditada pelo objecto de medição e será diferente avaliar a propriocepção em movimentos mono ou pluriarticulares ou solicitar a acção de mais ou menos grupos musculares (Miura et al., 2004).

A generalidade dos procedimentos vulgarmente utilizados avalia a integridade ou funcionalidade dos componentes do sistema sensoriomotor de modo indirecto, através da medição de indicadores que se associam às vias aferentes ou eferentes, ou através da

O efeito de um programa de exercícios na sensibilidade proprioceptiva do músculo quadríceps. Estudo em jovens futebolistas.

ativação muscular no resultado final, ou na combinação destes. Desta forma e resumindo, a propriocepção pode ser avaliada através de testes de medição dos estímulos periféricos aferentes e por testes de medição de estímulos eferentes. Os estímulos aferentes são avaliados através da medição da cinestesia articular (avaliada pelo limiar de detecção do movimento passivo ou a alteração da direção do movimento) e da sensação da posição articular (mede a capacidade de compreender e replicar, depois de removido, um determinado ângulo articular através do modo passivo ou activo em cadeia cinética aberta ou fechada). Os estímulos eferentes são avaliados através da medição do equilíbrio e da capacidade de manter ou repetir magnitudes de tensão muscular, o que determina directamente a resposta eferente à estimulação aferente (Riemann et al., 2002).

Assim, dependendo do tipo de teste que se utilize, obtêm-se resultados distintos. Talvez isso signifique que as estruturas e órgãos que se avaliam nos diversos testes são diferentes e que a interpretação dos resultados depende dos processos de avaliação utilizados. No estudo aqui apresentado, não ocorreram diferenças significativas, no entanto, a forma de avaliar a sensibilidade proprioceptiva baseou-se na discriminação de pesos (Grouios et al., 2001; Tremblay et al., 2001), sendo uma das técnicas menos utilizadas para avaliar a propriocepção dentro da literatura consultada.

Tendo em atenção o que foi descrito anteriormente e ao relacionar o protocolo de discriminação de pesos, seguido neste estudo, para a avaliação da sensibilidade proprioceptiva, deverá ser ponderada a opinião de Barreiros (1995), que indica a existência de uma maior disponibilidade sensorial para tarefas que já fazem parte da condição motora do indivíduo. A evolução na aprendizagem pode ocorrer em duas fases e em paralelo. Por um lado, o diálogo entre o organismo e o envolvimento, mediado pelo sistema sensoriomotor e, por outro, o processamento de informações cognitivas armazenadas na memória para produzir movimentos. Assim quando se vivem situações iguais ou semelhantes às que já são conhecidas e dominadas através de ambos os processos, ocorre uma transferência de competências que permite criar rapidamente um programa ou esquema motor adequado ao novo contexto, ou seja, o recurso a representações do passado, armazenadas na memória, pode potenciar a função sensoriomotora no presente. Mesmo o desempenho de uma nova tarefa pode permitir que ocorra aprendizagem caso o período e/ou o número de execuções seja

elevado. Assim o efeito da aprendizagem, como o das experiências anteriores dos sujeitos, pode influenciar os resultados.

Desta forma, o facto de a avaliação proprioceptiva neste estudo, ter implicado uma repetição substancial dos movimentos para discriminar pesos (cada atleta no total das duas avaliações fez 112 ensaios, com 224 apresentações de pesos), poderá ter dado aos atletas participantes ferramentas de aprendizagem e experiência do teste, do primeiro para o segundo momento da avaliação, e mesmo em cada momento de avaliação.

A comparação entre os resultados das avaliações efectuadas através da discriminação de pesos, antes e após o protocolo de exercícios neuromusculares, aponta para um ligeiro aumento a nível da média, de percentagem de respostas correctas. É preciso salientar que esta tendência para o aumento da percentagem de respostas correctas na discriminação de pesos, é verificada tanto no grupo de controlo como no grupo experimental, ou seja, ambos os grupos conseguiram obter uma maior percentagem de respostas correctas após a implementação do protocolo de exercícios, não tendo este aumento um resultado estatisticamente significativo. Se a dimensão da amostra fosse diferente talvez se pudessem ter observado diferenças. Apesar disso, e tal como indicado no capítulo dos resultados, só no grupo experimental e para o peso de 220 gramas é que foi atingido um valor $p < 0,05$, ilustrando que existiu uma diferença estatisticamente significativa na capacidade de discriminar pesos entre o primeiro e o segundo momento de avaliação. No entanto, tendo em conta que o valor-p encontrado foi muito marginal, é preciso prudência ao analisar os resultados obtidos, e inferir que de facto houve uma melhoria estatisticamente significativa. Será possível equacionar que devido ao tamanho da amostra, apenas 18 indivíduos, poderá ter havido uma limitação da potência dos procedimentos estatísticos utilizados.

Por outro lado, e relativamente à avaliação da sensibilidade proprioceptiva, o plano sagital e eixo transversal são os que possibilitam os movimentos de flexão/extensão do joelho, estando esta articulação desenvolvida para tal. O modo de acção activo (com contracções concêntricas e excêntricas) e o desempenho da tarefa em grande parte da amplitude articular poderá ter ajudado a uma boa fiabilidade dos resultados obtidos na discriminação de pesos (Tremblay et al., 2001). Seguindo esta linha de pensamento, e sabendo que tanto o protocolo de exercícios neuromusculares como a avaliação proprioceptiva foram executados em modo activo, são

O efeito de um programa de exercícios na sensibilidade proprioceptiva do músculo quadríceps. Estudo em jovens futebolistas.

deste modo consideradas opções justificadas dado que, como é dito por Laszlo e Bairstow (1980), apenas os protocolos efectuados no modo activo devem ser relacionados com acções musculares activas, como as que são desenvolvidas pelos atletas em competição.

No entanto, neste estudo pode ter havido uma certa falta de coerência entre os critérios de aplicação do exercício e os de avaliação da propriocepção. Foi escolhido um protocolo de exercício em cadeia cinética fechada, enquanto que a avaliação proprioceptiva foi realizada em cadeia cinética aberta, havendo assim uma incoerência metodológica. Por outro lado, o facto de se ter optado pelo protocolo de exercícios em cadeia cinética fechada aproximou a condução do estudo à realidade do futebol (Miranda, 2005).

Será pertinente reparar que o futebol é caracterizado por ser uma actividade que coloca grandes exigências ao joelho e à massa quadríceps. Os atletas desta modalidade são diariamente confrontados com cargas que colocam à prova os mecanismos nervosos com influência na regulação dos movimentos do joelho. Ao longo dos anos, o treino regular pode promover adaptações biológicas determinantes na funcionalidade do sistema neuromuscular (Cerulli et al., 2001).

Quando se considera a ausência de alterações proprioceptivas estatisticamente significativas, pode-se admitir, por hipótese, que variáveis como a actividade física regular, as tarefas e a experiência de treino e a especificidade da modalidade do futebol podem servir de argumento. As actividades específicas realizadas diariamente pelos sujeitos, podem ter influência nos resultados dos testes, principalmente quando as tarefas de avaliação são muito próximas dos gestos ou capacidades determinantes no desempenho da modalidade praticada (Miranda, 2005).

A opção metodológica de testar apenas o desempenho proprioceptivo do membro dominante, está em concordância com Wassinger et al. (2007), embora Callaghan et al. (2002) referirem que não há diferenças proprioceptivas entre os membros dominantes e os não dominantes. Apesar do futebol ser uma modalidade bilateral e os deslocamentos exigirem, do ponto de vista mecânico, o mesmo trabalho em ambos os membros, é sabido que a maioria dos atletas possui uma aptidão coordenativa superior num deles. Desta forma, a performance do membro

O efeito de um programa de exercícios na sensibilidade proprioceptiva do músculo quadríceps. Estudo em jovens futebolistas.

dominante, utilizado na maioria das acções técnicas específicas da modalidade (passe, recepção, remate e drible), constitui um factor fundamental para o sucesso do desempenho do atleta. Considerando que o membro inferior dominante é o mais solicitado e decisivo para o sucesso do jogador, poderá ser defendido a maior pertinência no estudo do efeito do protocolo de exercícios sobre o mesmo. Apesar desta lógica ser meramente especulativa (dado que não existem dados de controlo do membro não dominante, nem dados concretos que confirmem que, durante o jogo, o membro dominante é sujeito a uma maior solicitação nos gestos técnicos), à semelhança de autores como Hoffman e Payne (1995), foi optado pelo estudo do membro inferior dominante. Embora não se considere errada do ponto de vista metodológico, esta tomada de decisão pode explicar a inexistência de diferenças significativas. Ao ser escolhido o membro mais utilizado pelos sujeitos em gestos e acções específicas da modalidade, poderá estar a valorizar-se um conjunto de experiências sensoriomotoras, desenvolvidas ao longo de vários anos, susceptíveis de “camuflar” insuficiências do tipo proprioceptivo, que hipoteticamente poderiam ser mais visíveis no membro contralateral. Por força desta lógica, convém realçar que as conclusões avançadas com base nos resultados apresentados deverão cingir-se apenas ao membro dominante.

O período que medeia entre a aplicação do protocolo de exercício e a segunda avaliação da sensibilidade proprioceptiva, foi uma das variáveis consideradas. No protocolo seguido por Tremblay et al. (2001), o tempo decorrido entre as duas avaliações foi de cerca de 30 minutos, devido às características específicas do estudo, que se baseava em verificar a influência do gelo na sensibilidade proprioceptiva do joelho. Os participantes eram avaliados, em seguida faziam um protocolo de crioterapia e logo a seguir eram novamente avaliados.

Neste estudo, depois da primeira avaliação, decorreu um período de quatro semanas de intervalo (período de duração do protocolo de exercícios) até à segunda avaliação. Este facto, deve ser tido em conta pois deu a oportunidade aos atletas, sobretudo aos que executavam o protocolo de treino, de falarem e discutirem o procedimento de avaliação entre eles. Apesar de terem indicação de que deveriam evitar essas considerações para bem do estudo.

Assim e apesar das diferenças encontradas em alguns artigos que se distinguem pelas características das amostras (Myer et al., 2004; Porat et al., 2007), pelos segmentos corporais e núcleos articulares testados (Mattacola e Dwyer, 2002; Wassinger et al., 2007) pelas

O efeito de um programa de exercícios na sensibilidade proprioceptiva do músculo quadríceps. Estudo em jovens futebolistas.

diferenças nos protocolos de treino e exercícios aplicados (Hoffman e Payne, 1995; Cerulli et al., 2001; Myer et al., 2004; Porat et al., 2007), e tipos de métodos seguidos na avaliação da capacidade proprioceptiva (Tremblay et al., 2001; Grouios et al., 2001), talvez se possa considerar a enorme variedade e dificuldade em estabelecer um acerto unânime na análise dos dados. De referir que no estudo aqui apresentado, durante todo o percurso e trabalho directo com os atletas, não foram registadas desistências, nem foram encontrados “*outliers*” no tratamento dos dados.

De salientar que a maior parte dos artigos consultados têm protocolos de exercícios superiores a quatro semanas (Porat et al., 2007; Balci et al., 2009), no entanto de forma a motivar e controlar os participantes do estudo em causa foi escolhido um protocolo de exercícios com uma duração mais curta (4 semanas). Também se salienta que de forma a seguir o protocolo original, com 5 sessões de treino por semana, duas sessões foram realizadas sem supervisão, devido ao plano de treinos do clube que os atletas já seguiam antes de se voluntariarem para o estudo, desta forma, os atletas só se deslocavam ao clube três vezes por semana para treinarem e era nessa altura, antes do treino que executavam o protocolo de exercícios neuromusculares. Para além disso, o protocolo seguido foi essencialmente concebido para a verificação de mudanças na articulação do tornozelo, apesar de como já referido anteriormente haver evidência de que o treino do joelho é influenciado pelas articulações do tornozelo e anca. E além disso, é indiscutível que a maior parte dos exercícios usados no protocolo de Coughlan e Caulfield (2007), seguido no estudo aqui descrito, são idênticos àqueles protocolos encontrados na literatura definidos como para o joelho (Myer et al., 2004; Porat et al., 2007).

Tendo em consideração o exposto anteriormente deve sublinhar-se a existência de algumas limitações metodológicas que poderão ter influenciado os resultados anteriormente apresentados. Entre essas limitações sobressai a dimensão reduzida da amostra e ainda o nível de precisão do instrumento utilizado na avaliação da propriocepção.

O efeito de um programa de exercícios na sensibilidade proprioceptiva do músculo quadricípite. Estudo em jovens futebolistas.

Conclusão

Após revisão bibliográfica efectuada, resultados obtidos e discussão dos mesmos parece-nos possível concluir que, para a amostra em estudo, o protocolo de exercícios neuromusculares implementado não foi eficaz no aumento da acuidade proprioceptiva, traduzida num acréscimo de respostas correctas durante um teste de discriminação de pesos, em jovens atletas do sexo masculino, praticantes de futebol.

Bibliografia

*citação indirecta

Ashton-Miller, J. A. et al. (2001). Can proprioception really be improved by exercises? *Knee Surg, Sports Traumatol, Arthrosc*, 9, pp. 128-136.

Aydin, T. et al. (2001). Shoulder proprioception: a comparison between the shoulder joint in healthy and surgically repaired shoulders. *Arch Orthop Trauma Surg*, 121, pp. 422-425.

Balci, P. et al. (2009). The effects of two different closed kinetic chain exercises on muscle strength and proprioception in patients with patellofemoral pain syndrome. *Acta Orthop Traumatol Turc*, 43(5), pp. 419-425.

Baltaci, G. e Kohl, H. W. (2003). Does Proprioception Training During Knee And Ankle Rehabilitation Improve Outcome? *Physical Therapy Reviews*, 8, pp. 5-16.

Barreiros, J. (1995). *Percepção e Acção*. Lisboa, Edições FMH.

Barrett, D. S. (1991). Proprioception and Function After Anterior Cruciate Reconstruction. *J Bone Joint Surg Br*, 73(5), pp. 833-837.

Bennell, K. L. et al. (2003). Relationship of knee joint proprioception to pain and disability in individuals with knee osteoarthritis. *Journal of Orthopaedic Research*, 21, pp. 792-797.

Bernier, J. N. e Perrin, D. H. (1998). Effect of coordination training on proprioception of the functionally unstable ankle. *The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 27, pp. 26-275.

O efeito de um programa de exercícios na sensibilidade proprioceptiva do músculo quadríceps. Estudo em jovens futebolistas.

Bjorklund, M. et al. (2000). Position sense acuity is diminished following repetitive low-intensity work to fatigue in a simulated occupational setting. *Eur J Appl Physiol*, 81, pp. 361-367.

Brindle, T. J. et al. (2009). Visual and proprioceptive feedback improves knee joint position sense. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 17, pp. 40-47.

Brockett, C. et al. (1997). A comparison of the effects of concentric versus eccentric exercise on force and position sense at the human elbow joint. *Brain Research*, 771, pp. 251-258.

Burke, R. E. (2007). Sir Charles Sherrington's The integrative action of the nervous system: a centenary appreciation. *Brain*, 130, pp. 887-894.

Callaghan, M. J. et al. (2002). The Effects of Patellar Taping on Knee Joint Proprioception. *Journal of Athletic Training*, 37(1), pp. 19-24.

Castelo, J. et al. (2000). *Metodologia do Treino Desportivo*. Unidade Técnica de Lisboa. Edições FMH.

Cerulli, G. et al. (2001). Proprioceptive Training and Prevention of Anterior Cruciate Ligament Injuries in Soccer. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 31(11), pp. 655-660.

Coughlan, G. e Caulfield, B. (2007). A 4-Week Neuromuscular Training Program and Gait Patterns at the Ankle Joint. *Journal of Athletic Training*, 42(1), pp. 51-59.

Docherty, C. L. et al. (1998). Effects of Strength Training on Strength Development and Joint Position Sense in Functionally Unstable Ankles. *Journal of Athletic Training*, 33(4), pp. 310-314.

O efeito de um programa de exercícios na sensibilidade proprioceptiva do músculo quadríceps. Estudo em jovens futebolistas.

Dover, G. C., et al. (2003). Assessment of Shoulder Proprioception in the Female Softball Athlete. *American Journal of Sports Medicine*, 31(3), pp. 431-437.

Dover, G. e Powers, M. E. (2003). Reliability of Joint Position Sense and Force-Reproduction Measures During Internal and External Rotation of the Shoulder. *Journal of Athletic Training*, 38(4), pp. 304-310.

Eco, U. (2003). *Como Se Faz Uma Tese Em Ciências Humanas*. 10ª edição. Lisboa, Editorial Presença.

Edin, B. B. (2001). Cutaneous afferents provide information about knee joint movements in humans. *Journal of Physiology*, 531(1), pp. 289-297.

Edmonds, G. et al. (2003). The effect of early arthroscopic stabilization compared to nonsurgical treatment on proprioception after primary traumatic anterior dislocation of the shoulder. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 11, pp. 116-121.

Euzet, J. P. e Gahery, Y. (1998). Evaluation du sens de la position. Influence de la pratique physique et de l'âge. *Revue des Sciences et Techniques des Activités Physiques et Sportives*, 19, pp. 99-109.

Fox, S. I. (2002). *Human physiology*. Seventh Edition. New York, McGraw-Hill.

Francisco, J. L. (2008). *Efeito da Fadiga Muscular na Sensação de Posição Articular do Joelho de Jovens Futebolistas*. Universidade do Porto, Porto.

Fridén, T. et al. (1998). Function after anterior cruciate ligament injuries. Influence of visual control and proprioception. *Acta Orthop Scand*, 69(6), pp. 590-594.

O efeito de um programa de exercícios na sensibilidade proprioceptiva do músculo quadríceps. Estudo em jovens futebolistas.

Fridén, T. et al. (1999). Proprioceptive defects after an anterior cruciate ligament rupture – the relation to associated anatomical lesions and subjective knee function. *Knee Surg, Sports Traumatol, Arthrosc*, 7, pp. 226-231.

Fridén, T. et al. (2001). Review of Knee Proprioception and the Relation to Extremity Function After an Anterior Cruciate Ligament Rupture. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 31(10), pp. 567-576.

Gandevia, S. C. (2001). Spinal and Supraspinal Factors in Human Muscle Fatigue. *Physiological Reviews*, 81(4), pp. 1725-1789.

Ganong, W. F. (2000). *Fisiologia Médica*. 19ª edição. Espanha, McGraw-Hill.

Gartner, L. P. e Hiatt, J. L. (2000). *Color Atlas of Histology*. Third Edition. USA, Lippincott Williams & Wilkins.

Gartner, L. P. e Hiatt, J. L. (2003). *Tratado de Histologia em cores*. 2ª edição. Rio de Janeiro, Editora Guanabara Koogan.

*Goldscheider, A. (1889). Untersuchungen uber den muskelsinn. *Arch Anat Physiol*, 3, pp. 369-502.

Grouios, G. et al. (2001). Weight-Discrimination Sensitivity in Congenitally Blind and Sighted Adults. *Journal of Visual Impairment and Blindness*, 95(1), pp. 30-39.

Guyton, A. C. e Hall, J. E. (2002). *Tratado de Fisiologia Médica*. 10ª edição. Rio de Janeiro, Editora Guanabara Koogan.

*Hay, L. e Redon, C. (1997). The control of goal-directed movements in children: Role of proprioceptive muscle afferents. *Human Movement Science*, 16(4), pp. 433-451.

O efeito de um programa de exercícios na sensibilidade proprioceptiva do músculo quadríceps. Estudo em jovens futebolistas.

Hiemstra, L. A. et al. (2001). Effect of Fatigue on Knee Proprioception: Implications for Dynamic Stabilization. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 31(10), pp. 598-605.

Hoffman, M. e Payne, V. G. (1995). The Effects of Proprioceptive Ankle Disk Training on Healthy Subjects. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 21(2), pp. 90-93.

Hoffman M. D. et al. (2002). Exercício Terapêutico. In: Delisa, J. A. e Gans, B. M. *Tratado de Medicina de Reabilitação: princípios e prática*. 3ª edição. São Paulo, Manole.

Iyer, M. B. et al. (2001). Motor 1: Centros inferiores. In: Cohen, H. *Neurociência para Fisioterapeutas. Incluindo correlações clínicas*. 2ª edição. Brasil, Manole, pp. 209-242.

Jacob, S. W. et al. (1990). *Anatomia e Fisiologia Humana*. 5ª edição. Rio de Janeiro, Editora Guanabara Koogan.

Janwantanakul, P. et al. (2001). Variation in Shoulder Sense at Mid and Extreme Range of Motion. *Arch Phys Med Rehabil*, 82, pp. 840-844.

Janwantanakul, P. et al. (2003). The effect of body orientation on shoulder proprioception. *Physical Therapy in Sport*, 4(2), pp. 67-73.

Jones, L. A. (2001). Sentidos Somáticos 3: Propriocepção. In: Cohen, H. *Neurociência para Fisioterapeutas. Incluindo correlações clínicas*. 2ª edição. Brasil, Manole, pp. 111-128.

Karahan, M. et al. (2010). Effect of partial medial meniscectomy on the proprioceptive function of the knee. *Arch Orthop Trauma Surg*, 130, pp. 427-431.

Laszlo, J. I. e Bairstow, P. J. (1980). The measurement of kinaesthetic sensitivity in children and adults. *Development Medicine and Child Neurology*, 22, pp. 454-464.

O efeito de um programa de exercícios na sensibilidade proprioceptiva do músculo quadríceps. Estudo em jovens futebolistas.

Lee, H. M. et al. (2009). Correlation between proprioception, muscle strength, knee laxity, and dynamic standing balance in patients with chronic anterior ligament deficiency. *The knee*, 16, pp. 387-391.

*Lephart, S. M. e Henry, T. J. (1996). The physiological basis for open and closed kinetic chain rehabilitation for the upper extremity. *J Sports Rehab*, 5(1), pp. 71-87.

Lephart, S. M. et al. (1997). The Role of Proprioception in the Management and Rehabilitation of Athletic Injuries. *American Journal of Sports Medicine*, 25(1), pp. 130-137.

Manuila, L. et al. (2004). *Dicionário Médico*. 3ª edição. Lisboa, Climepsi Editores.

Mattacola, C. G. e Lloyd, J. W. (1997). Effects of a 6-Week Strength and Proprioception Training Program on Measures of Dynamic Balance: A Single Case Design. *Journal of Athletic Training*, 32(2), pp. 127-135.

Mattacola, C. G. e Dwyer, M. K. (2002). Rehabilitation of the Ankle After Acute Sprain or Chronic Instability. *Journal of Athletic Training*, 37(4), pp. 413-429.

*Matthews P. B. (1982). Where does Sherrington's "muscular sense" originate? Muscles, joints, corollary discharges? *Annu Rev Neurosci*, 5, pp. 189-218.

McMullen J. e Timothy L. U. (2000). A Kinetic Chain Approach for Shoulder Rehabilitation. *Journal of Athletic Training*, 35(3), pp. 329-337.

Miranda, A. C. (2005). *Efeito Agudo do Exercício Intenso Localizado na Propriocepção do Joelho. Estudo em Jovens Futebolistas*. Universidade do Porto, Porto.

Miura, K. et al. (2004). The Effect of Local and General Fatigue on Knee Proprioception. *The Journal of Arthroscopic and Related Surgery*, 29(4), pp. 414-418.

O efeito de um programa de exercícios na sensibilidade proprioceptiva do músculo quadríceps. Estudo em jovens futebolistas.

Myer, G. D. et al. (2004). Rationale and Clinical Techniques for Anterior Cruciate Ligament Injury Prevention Among Female Athletes. *Journal of Athletic Training*, 39(4), pp. 352-364.

Myers, J. B. et al. (1999). Proprioception and Neuromuscular Control of the Shoulder After Muscle Fatigue. *Journal of Athletic Training*, 34(4), pp. 362-367.

Myers, J. B. e Lephart, S. M. (2000). The Role of the Sensorimotor System in the Athletic Shoulder. *Journal of Athletic Training*, 35(3), pp. 351-363.

Peccin, M. S. e Pires, L. (2005). Reeducação Sensoriomotora. In: Cohen, M. e Abdalla, R. J. *Lesões nos Esportes. Diagnóstico. Prevenção. Tratamento*. Brasil, Revinter, pp. 405-409.

Pestana, M. H. e Gageiro, J. N. (2000). *Análise de Dados para Ciências Sociais. A Complementaridade do SPSS*. 2ª edição. Lisboa. Edições Sílabo.

Pina, J. A. E. (2000). *Anatomia humana da Relação*. 3ª edição. Lousã, Lidel.

Porat, A. V. et al. (2007). Knee kinematics and kinetics in former soccer players with a 16-year-old ACL injury – the effects of twelve weeks of knee-specific training. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 35(8).

Potzl, W. et al. (2004). Proprioception of the Shoulder Joint After Surgical Repair for Instability. *The American Journal of Sports Medicine*, 32(2), pp. 425-430.

*Redon, C. et al. (1994). Contribution of the propriomuscular channel to movement coding in children: A study involving the use of vibration-induced kinaesthetic illusion. *Human Movement Science*, 13(1), 95-108.

Ribeiro, F. M. T. S. (2005). *Efeito da Fadiga Muscular Induzida pelo Exercício Localizado na Sensação de Posição da Articulação do Joelho. Estudo em idosos activos e sedentários*. Universidade do Porto, Porto.

O efeito de um programa de exercícios na sensibilidade proprioceptiva do músculo quadríceps. Estudo em jovens futebolistas.

Riemann, B. L. e Lephart, S. M. (2002a). The Sensorimotor System, Part I: The Physiologic Basis of Functional Joint Stability. *Journal of Athletic Training*, 37(1), pp. 71-79.

Riemann, B. L. e Lephart, S. M. (2002b). The Sensorimotor System, Part II: The Role of Proprioception in Motor Control and Functional Joint Stability. *Journal of Athletic Training*, 37(1), pp. 80-84.

Riemann, B. L. et al. (2002). Sensorimotor System Measurement Techniques. *Journal of Athletic Training*, 37(1), pp. 85-98.

Risberg, M. A. et al. (1999). Proprioception after anterior cruciate ligament reconstruction with and without bracing. *Knee Surg, Sports Traumatol, Arthrosc*, 7, pp. 303-309.

Roberts, D. et al. (2004). Effects of short-term cycling on knee joint proprioception in ACL-deficient patients. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 12, pp. 357-363.

Safran, M. R. et al. (1999). Proprioception in the posterior cruciate ligament deficient knee. *Knee Surg, Sports Traumatol, Arthrosc*, 7, pp. 310-317.

Seeley, R. R. et al. (2001). *Anatomia & Fisiologia*. 3ª edição. Camarate, Lusodidacta.

Serrano, P. (1996). *Redacção e Apresentação de Trabalhos Científicos*. Santa Maria da Feira, Relógio D'Água Editores.

*Sherrington C. S. (1906). *The Integrative Action of the Nervous System*. New Haven, Conn, Yale University Press.

*Shumway, C. A. et al. (1985). The growth of stability: postural control from a developmental perspective. *Journal of Motor Behaviour*, 17(2), pp. 131-147.

O efeito de um programa de exercícios na sensibilidade proprioceptiva do músculo quadríceps. Estudo em jovens futebolistas.

Stillman, B. C. et al. (1998). Aftereffects of Resisted Muscle Contractions on the Accuracy of Joint Position Sense in Elite Male Athletes. *Arch Phys Med Rehabil*, 79, pp. 1250-1254.

Suprak, D. N. et al. (2007). Shoulder Joint Position Sense Improves With External Load. *Journal of Motor Behavior*, 39(6), pp. 517-525.

Swanik, C. B. et al. (1996). Chronic Brachial Plexopathies and Upper Extremity Proprioception and Strength. *Journal of Athletic Training*, 31(2), pp. 119-124.

Teixeira, L. E. P. P. et al. (2010). Progressive load training for the quadriceps muscle associated with proprioception exercises for the prevention of falls in postmenopausal women with osteoporosis: a randomized controlled trial. *Osteoporos Int*, 21, pp. 589-596.

Trans, T. et al. (2009). Effect of whole body vibration exercise on muscle strength and proprioception in females with knee osteoarthritis. *The Knee*, 16, pp. 256-261.

Tremblay, F. et al. (2001). Influence of Local Cooling on Proprioceptive Acuity in the Quadriceps Muscle. *Journal of Athletic Training*, 36(2), pp. 119-123.

Tripp, B. L. et al. (2006). A comparison of individual joint contributions to multijoint position reproduction acuity in overhead-throwing athletes. *Clinical Biomechanics*, 21, pp. 466-473.

Verjoshanski, I. V. (1990). *Entrenamiento deportivo: planificación y programación*. Barcelona. Martinez Roca.

Wassinger, C. A. (2007). Proprioception and Throwing Accuracy in the Dominant Shoulder After Cryotherapy. *Journal of Athletic Training*, 42(1), pp. 84-89.

Widmaier, E. P. et al. (2004). *Vander, Sherman, & Luciano's Human physiology: the mechanisms of body function*. Ninth edition. New York, McGraw-Hill.

O efeito de um programa de exercícios na sensibilidade proprioceptiva do músculo quadríceps. Estudo em jovens futebolistas.

Williams, G. N. et al. (2001). Dynamic Knee Stability: Current Theory and Implications for Clinicians and Scientists. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 31(10), pp. 546-566.

Williams, P. L. et al. (1995). *Gray Anatomia*. 37ª edição. Rio de Janeiro, Editora Guanabara Koogan.

Wong, A. M. et al. (2001). Coordination Exercise and Postural Stability in Elderly People: Effect of Tai Chi Chuan. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 82, pp. 608-612.

Young, B. e Heath, J. W. (2001). *Wheater Histologia Funcional*. 4ª edição. Rio de Janeiro, Editora Guanabara Koogan.

Zhang, S. (1999). *An Atlas of Histology*. New York, Springer-Verlag.

Zia, S. et al. (2000). Joint Position Sense Is Impaired by Parkinson's Disease. *Annals of Neurology*, 47(2), pp. 218-228.