

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE EDUCAÇÃO FÍSICA
BACHARELADO EM EDUCAÇÃO FÍSICA

COMPARAÇÃO DA ATIVIDADE ELETROMIOGRÁFICA DOS
MÚSCULOS DO TORNOZELO ANTES E APÓS TREINAMENTO
DE PROPRIOCEPÇÃO EM ESCOLARES PRATICANTES DE
BASQUETEBOL

Daniele Coimbra Silva

Orientadora: Luciana Hagström

Brasília,

Junho de 2017.

Comparação da atividade eletromiográfica dos músculos do tornozelo antes e após treinamento de propriocepção em escolares praticantes de basquetebol

Daniele Coimbra Silva¹, Tibério Cesar Lima Bezerra¹, Larisse Costa Gomes¹, Rinaldo André Mezzarane¹, Luciana Hagström¹.

1 Laboratório do Processamento de Sinais e Controle Motor, Faculdade de Educação Física, Universidade de Brasília, Brasília, Brasil

Resumo

Introdução: O basquetebol é uma modalidade esportiva coletiva em que seus movimentos de ataque e defesa exigem uma constante mudança de ritmo e direção em situações variadas como corridas, saltos e arremessos. Durante uma partida ou treinamento, o jogador de basquetebol está frequentemente sujeito a contusões. Elas são mais frequentes nos membros inferiores, com prevalência da articulação tíbio-tarsiana (tornozelo). Para que a incidência de lesões seja reduzida é fundamental a melhora do equilíbrio. Os treinamentos proprioceptivos podem auxiliar na manutenção da estabilidade corporal e, portanto, diminuir o número de lesões. **Objetivo:** Avaliar os efeitos de um programa de exercícios proprioceptivos no equilíbrio postural por meio da análise da atividade eletromiográfica dos músculos sóleo em escolares praticantes de basquetebol. **Materiais e métodos:** A amostra foi constituída por 30 alunos do sexo masculino, com idades entre 13 e 16 anos, praticantes de basquetebol de nível competitivo escolar. Os escolares foram divididos de maneira aleatória em Grupo Controle (GC) e Grupo Experimental (GE), cada um deles composto por quinze participantes. O GC não participou do programa de exercícios de propriocepção, enquanto que o GE realizou as atividades do programa de exercícios de propriocepção ao longo de oito semanas. A ativação dos extensores do tornozelo foi avaliada por meio da medida da energia do sinal eletromiográfico (valor eficaz – RMS) em diferentes condições (olhos abertos ou fechados com ou sem espuma de alta densidade) antes e depois do programa de exercícios de propriocepção para o GE e no início e término da pesquisa para o GC. Uma ANOVA de duas vias com medidas repetidas foi utilizada para detectar diferenças entre as condições experimentais. **Resultados:** A atividade elétrica do músculo sóleo foi significativamente maior no GE após o treinamento proprioceptivo e nas condições sem espuma, quando comparado aos dados antes da intervenção. Nas condições com espuma, o GE também apresentou um aumento na ativação muscular quando comparados aos dados antes da intervenção, porém, sem diferenças significativas. O GC não apresentou diferenças estatísticas significativas. **Discussão:** O controle postural conta com estratégias sensoriomotoras para estabilizar a postura em situações de desequilíbrios internos e externos. Dentre elas, o sistema nervoso central pode reduzir a oscilação postural por meio do aumento da rigidez articular. Além disso, a manutenção do equilíbrio pode ser feita através da rotação do corpo em torno da articulação tíbio-tarsiana, alterando na excursão do centro de massa. E por fim, há uma relação entre a eletromiografia e a oscilação postural. **Conclusão:** Para uma melhor compreensão do controle motor, abordagens analíticas mais sofisticadas podem prover dados adicionais para desvendar os mecanismos de adaptação responsáveis pelo aumento na estabilidade corporal após um treinamento proprioceptivo.

Palavras-chave: *Propriocepção, Eletromiografia, Músculo Sóleo, Equilíbrio Postural.*

1. Introdução

O basquetebol é uma modalidade esportiva que tem se popularizado no Brasil, sendo praticada por públicos de diferentes faixas etárias. Nas escolas, esse esporte também foi incorporado e é praticado por estudantes nos vários níveis de ensino. Trata-se de uma modalidade esportiva coletiva constituída de movimentações intensas e rápidas, com necessidade frequente de mudança de ritmo e direção (Daiuto, 1991). Devido a grande complexidade de deslocamentos, o jogador de basquetebol está sujeito a lesões durante a prática. De acordo com Cumps *et al.* (2007) é mais comum a ocorrência de lesões nos membros inferiores, prevalecendo na articulação tíbio-tarsiana (tornozelo). As lesões também são causadas pelos saltos constantes e pela relativa flacidez ligamentar dos praticantes de grande estatura, além da própria dinâmica da modalidade (Hollmann & Hettinger, 2001). Para que a incidência de lesões seja evitada ou reduzida, o controle eficiente do equilíbrio corporal é fundamental. Desta forma, acrescentar aos treinos tradicionais de basquetebol exercícios que visam otimizar o equilíbrio postural pode ser útil para evitar lesões ou diminuir sua gravidade.

A propriocepção tem um papel fundamental na prevenção e recuperação de lesões (Bauer *et al.*, 2013). A propriocepção é o conjunto de informações aferentes advindas de mecanorreceptores localizados nas articulações, músculos, ligamentos e tendões. Além disso, os centros visuais e vestibulares também contribuem na comunicação da posição e no equilíbrio corporal (Lephard *et al.*, 1997). As informações são enviadas ao sistema nervoso central (SNC), influenciando nas respostas reflexas e no controle motor voluntário (Lephard *et al.*, 1997). Traumas em tecidos que possuem mecanorreceptores podem resultar em déficits proprioceptivos. Portanto, uma estrutura já lesionada se torna mais suscetível a uma segunda lesão (Lephard *et al.*, 1997).

Os mecanorreceptores musculares, também conhecidos como proprioceptores, são compostos pelos fusos neuromusculares, órgãos tendinosos de Golgi e corpúsculos de Pacini. Eles transmitem ao SNC informações instantâneas acerca da dinâmica muscular e dos movimentos (Mcardle *et al.*, 2011). Os fusos musculares comunicam sobre as alterações no comprimento e na velocidade de estiramento das fibras musculares. A resposta reflexa (conhecida como reflexo de estiramento) tem a função de proteção e controle do tônus muscular durante movimentos voluntários (Mcardle *et al.*, 2011). Os órgãos tendinosos de Golgi percebem diferenças na tensão gerada pelo músculo ativo, impedindo possíveis lesões geradas por uma sobrecarga brusca ou excessiva (Mcardle *et al.*, 2011). Em relação aos corpúsculos de Pacini, eles respondem a movimentos rápidos e pressões profundas atuando como sensores mecânicos de adaptação rápida, identificando mudanças no movimento ou na pressão (Mcardle *et al.*, 2011).

Para otimizar a ação dos proprioceptores para que ela seja mais rápida e efetiva e, desta forma, prevenir ou reduzir os riscos de lesões, são utilizados exercícios que aumentam o condicionamento neuromuscular, chamados de exercícios proprioceptivos. Eles têm uma função importante na manutenção do equilíbrio postural. Seu objetivo é induzir uma perturbação inesperada, estimulando o reflexo de estabilização e a produção de co-contracção do agonista-antagonista, gerando um controle neuromuscular em uma determinada articulação (Oliveira *et al.*, 2006). Durante o treinamento, a instabilidade dos movimentos gerada no exercício expõe a articulação a situações de risco, resultando na ativação dos proprioceptores, regulando automaticamente os ajustes na contracção dos músculos posturais, mantendo o equilíbrio postural geral (Cooke, 1980). Esse tipo de treinamento é

bastante utilizado na reabilitação pós-cirúrgica (Leporace *et al.*, 2009), mas também durante a preparação de atletas (Bauer *et al.*, 2013).

A eletromiografia é uma técnica bastante utilizada para se obter informações sobre o controle motor. Ela é usada para o monitoramento da atividade elétrica do músculo. Tal atividade é o resultado da despolarização de um certo número de fibras musculares. A eletromiografia pode ser utilizada para inferir alterações no comportamento dos circuitos neuronais da medula espinhal durante a execução de uma tarefa motora ou em resposta às alterações em sinais transmitidos por aferentes periféricas (Mezzarane *et al.*, 2013). Portanto, a eletromiografia reflete o comportamento geral de unidades motoras e consequentemente, os principais neurônios motores localizados na medula.

Para a captação do sinal eletromiográfico (EMG) é possível utilizar técnicas invasivas, com agulhas, e técnicas não-invasivas, com eletrodos superficiais. Na técnica não-invasiva o eletrodo é posicionado na superfície da pele, acima do ventre do músculo estudado, em uma região entre o tendão e a zona de inervação. As correntes elétricas geradas pela despolarização das fibras musculares viajam pelos tecidos conjuntivos (gordura, vasos sanguíneos, etc) até atingirem a região sob os eletrodos. Esses tecidos (que constituem o que se conhece como “volume condutor”) provocam um efeito de filtro passa-baixas atenuando e alterando as características espectrais do sinal captado à distância (sobre a pele) (Mezzarane *et al.*, 2013).

Entender como um programa de treinamento proprioceptivo pode interferir no equilíbrio postural e/ou reduzir uma lesão ou até mesmo evitá-la é de suma importância para o profissional de educação física e justificaria sua inclusão nos treinamentos de vários esportes. Portanto, a hipótese desse trabalho é que o treinamento proprioceptivo resultará em melhora no controle neuromuscular com diminuição

da ativação do músculo sóleo, principal responsável pela manutenção da projeção do centro de gravidade sobre o polígono de sustentação delimitado pelos pés (o que indica estabilidade postural). Esta diminuição pode refletir uma otimização do sistema de equilíbrio corporal. Desta forma, o objetivo deste trabalho é analisar a atividade eletromiográfica dos músculos sóleo e avaliar a contribuição de um programa de exercícios proprioceptivos no equilíbrio postural de escolares praticantes de basquetebol.

2. Materiais e Métodos

2.1 Amostra

A amostra foi constituída por um grupo de 30 estudantes do sexo masculino, com idades entre 13 e 16 anos, praticantes de basquetebol de nível competitivo escolar no Centro de Iniciação Desportiva (CID) de Basquetebol do Centro de Ensino Médio Escola Industrial de Taguatinga (CEMEIT). A média de idade foi de $14,3 \pm 0,9$ anos e o tempo de prática do basquetebol de $20,9 \pm 8,5$ meses.

Os critérios de inclusão foram: não ter histórico de lesão no tornozelo ou no joelho nos seis meses anteriores ao início da pesquisa; participar de maneira regular dos treinos de basquetebol; ser do gênero masculino; ter entre 13 e 16 anos de idade. Os critérios de exclusão foram: a não prática do basquetebol no CID em 2015; não participar de todas as sessões de treinos proprioceptivos durante o experimento; sofrer alguma lesão nas articulações do membro inferior durante o experimento.

O projeto possui aprovação do Comitê de Ética e Pesquisa da Universidade de Brasília (CEP/FS-UnB) (número 788.170). Antes do início do estudo todos os estudantes e seus respectivos responsáveis legais assinaram um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) contendo todas as informações referentes aos procedimentos da

pesquisa, riscos, benefícios e objetivos (Material suplementar 1 e 2).

Os escolares foram então divididos em Grupo Controle (GC) e em Grupo Experimental (GE), com 15 participantes cada. Esta divisão foi aleatorizada pelo programa Matlab (Mathworks). O GC teve os dados de eletromiografia coletados e não realizou as atividades do programa de exercícios de propriocepção, já o GE teve os dados coletados e realizou as atividades do programa de exercícios de propriocepção.

A pesquisa foi dividida em três períodos: pré-intervenção, intervenção e pós-intervenção. A intervenção foi o treinamento proprioceptivo, objeto de estudo o qual analisamos seus efeitos. Todos os procedimentos realizados antes do treinamento proprioceptivos ocorreram no período pré-intervenção. Já o que aconteceu depois, foi no período pós-intervenção.

2.2 Local da Intervenção

As coletas de dados pré e pós-intervenção ocorreram no Laboratório de Processamento Digital de Sinais Biológicos e Controle Motor na Faculdade de Educação Física (FEF) da Universidade de Brasília (UnB). A coleta das características físicas como estatura, massa corporal, dobras cutâneas e os treinos de propriocepção ocorreram no CEMEIT antes do treino de basquete. O preenchimento dos questionários foram realizados também no CEMEIT antes ou depois dos treinos de basquetebol.

2.3 Procedimentos antes do início da coleta pré-intervenção

Antes do início das coletas de dados pré-intervenção os participantes do GC e do GE responderam ao questionário adaptado *Ankle Joint Functional Assessment Tool* (AJFAT) (Material Suplementar 3). O objetivo do AJFAT é que os sujeitos realizem uma autoavaliação referente à

funcionalidade da articulação do tornozelo, descrevendo variáveis como: dor, estabilidade, capacidade e disfunções decorrentes na prática do basquetebol e nas atividades diárias. Ele apresenta 12 perguntas, sendo que a pontuação máxima é de 48 pontos. Pontuações acima de 36 pontos indicam muita instabilidade funcional no tornozelo. Entre 20 e 35 pontos, pouca instabilidade funcional no tornozelo. Abaixo de 20 pontos, nenhuma ou quase nenhuma instabilidade funcional no tornozelo. Esse Questionário AJFAT foi aplicado novamente ao GE após a coleta pós-intervenção.

Também antes do início da coleta pré-intervenção foi preenchido por todos os participantes o *International Physical Activity Questionnaire* (IPAQ - Versão Curta) (Material Suplementar 4) e o Questionário de Caracterização adaptado de Bonetti *et al.* (2012) (Material Suplementar 5). O IPAQ tem a função de determinar o nível de atividade física fora dos treinos. Já o Questionário de Caracterização é constituído de: (1) anamnese com dados pessoais dos sujeitos; (2) características físicas com alguns dados antropométricos; (3) função em quadra no jogo de basquetebol; (4) atividades físicas além do basquetebol; (5) histórico como atleta: tempo de treinamento, frequência semanal, conhecimento sobre treinos proprioceptivos e (6) histórico de lesões.

Além disso, foram coletados os dados antropométricos dos atletas antes e depois da intervenção. Sendo coletado a massa corporal, a estatura, o índice de massa corporal (IMC) e o percentual de gordura. Para isso, foi utilizada uma balança Filizola eletrônica/digital (resolução de 100g, modelo Personal Line), um estadiômetro Country Technology (modelo 67031, resolução de 1cm) e um adipômetro Cescorf Equipamentos. O percentual de gordura corporal foi determinado através da avaliação antropométrica Pollock sete dobras. Foi realizada uma análise estatística com o teste *t-student*

não pareado (ou independente) a fim de verificar se houve diferença significativa pré e pós-intervenção nas variáveis de caracterização.

2.4 Aquisição dos dados eletromiográficos

Neste estudo, os dados eletromiográficos foram coletados de maneira não invasiva antes do início e após o término do treinamento proprioceptivo. Para a aquisição desses dados foi utilizado um eletromiógrafo da marca Delsys Bagnoli-2 EMG System. A taxa de amostragem do sinal eletromiográfico foi de 2kHz, o ganho foi de 1000x e as frequências de corte do filtro passa-banda foram de 20 Hz e 500 Hz.

Os sinais foram captados por meio de eletrodos de superfície localizados no músculo sóleo de ambas as pernas. Os sinais foram visualizados e armazenados em um computador contendo um programa escrito em LabView Versão 3.1 por meio de uma interface BNC – USB NI de 16 bits (National Instruments Inc).

2.5 Procedimentos de coleta

O participante foi orientado permanecer em apoio bipodal na postura ereta (ou ortostática) com os braços ao longo do corpo, a cabeça erguida e os pés abertos na largura dos ombros durante 70 segundos nas seguintes condições: (1) olhos abertos sem espuma (NSOA); (2) olhos fechados sem espuma (NSOF); (3) olhos aberto sobre espuma (SPOA); (4) olhos fechados sobre espuma (SPOF). Foram realizadas três tentativas em cada condição, totalizando doze medidas de cada sujeito, sendo que havia um descanso de pelo menos 60 segundos entre as tentativas. As condições foram aleatorizadas pelo

programa Matlab. Os dez primeiros segundos de cada coleta foram desconsiderados no momento da análise, pois este é o tempo de estabilização postural do voluntário. Foi captada a atividade eletromiográfica do músculo sóleo de ambas as pernas.

Nas coletas dos testes pré e pós-intervenção utilizou-se uma espuma de alta densidade da marca AIREX Professional Exercise Line.

2.6 Protocolo de intervenção do treinamento proprioceptivo

Baseado em Eils & Rosenbaum (2001), Caraffa *et al.* (1996), Plisky *et al.* (2006), Sheth *et al.* (1997), Verhagen *et al.* (2004), Pasanen *et al.* (2008), foi elaborado um programa de exercícios proprioceptivos adaptados à prática do basquetebol. Os exercícios foram aplicados ao GE três vezes por semana, durante oito semanas, com duração de 30 a 40 min por treino, sob orientação do pesquisador Tibério Bezerra.

Os exercícios proprioceptivos foram aplicados de maneira progressiva, possuindo quatro níveis distintos de dificuldade (Tabela 1). Os sujeitos foram submetidos a cada grau de dificuldade durante duas semanas.

Os equipamentos utilizados nos treinamentos proprioceptivos foram: disco de equilíbrio da marca Acte de plástico com 39 cm de diâmetro, almofada de ar da marca Mercur com 30 cm de diâmetro, prancha de equilíbrio médio lateral de madeira de 28 cm de largura por 65 cm de comprimento, bola de basquete oficial da marca Wilson e colchonetes.

Tabela 1: Exercícios proprioceptivos aplicados e seus respectivos graus de dificuldade.

GRAU UM	<ul style="list-style-type: none"> • Caminhada sobre uma linha de dez metros desenhada no chão, com um pé em frente ao outro; • Caminhada sobre diferentes planos intercalados (colchonetes, piso e travesseiros), utilizando diferentes apoios: calcanhar, ponta dos pés, bordas lateral e medial dos pés.
GRAU DOIS	<ul style="list-style-type: none"> • Com apoio unipodal o atleta passa a bola de basquetebol para o companheiro de trás, girando apenas o tronco, sustentando-se primeiro com a perna direita e depois com a perna esquerda; • Agachamentos driblando a bola de basquetebol com a mão dominante e o apoio de um pé só (na perna contralateral), a outra perna permanece em flexão de quadril e joelho.
GRAU TRÊS	<ul style="list-style-type: none"> • Em apoio bipodal e joelhos estendidos, os atletas devem manter o equilíbrio em três situações: 1) na prancha de equilíbrio médio-lateral, realizando passes de peito; 2) no disco de equilíbrio realizando passes de peito; 3) com o pé dominante na prancha de equilíbrio médio-lateral e o pé não dominante no disco de equilíbrio, realizando quicados para as laterais de forma alternada: um passe para a esquerda e a outra vez para a direita; • Agachamentos driblando a bola com a mão dominante e com o apoio do pé dominante sobre o balancim; • Agachamentos com apoio unipodal, utilizando o pé dominante e com os olhos abertos no balancim. Em seguida realizar o mesmo movimento, porém com os olhos fechados; • Saltos na cama elástica para buscar uma bola no ar, simulando a situação de um rebote.
GRAU QUATRO	<ul style="list-style-type: none"> • Usando o balancim e o membro inferior dominante, com os olhos fechados, os atletas tentam cobrar lances livres; • Marchas sobre diferentes apoios (balancim, prancha, colchonete, disco de equilíbrio, cama elástica e demarcação no chão) passando e recebendo a bola de basquetebol; • Saltos na cama elástica apoiados apenas no pé dominante, próximos à tabela, os atletas tentam realizar cestas; • Com apoio bipodal, no disco e na cama elástica, os atletas tentam realizar um <i>jump</i> em cada aparelho.

2.7 Análise estatística

Um teste *t student* não pareado (ou independente) foi utilizado para identificar diferenças nos dados antropométricos dos sujeitos nas situações pré- e pós-intervenção. Nos dados eletromiográficos, após realizar a normalidade dos dados, foi usada uma análise de variância (ANOVA) de medidas repetidas para detectar possíveis diferenças no parâmetro eletromiográfico obtido antes e após o treinamento proprioceptivo. O parâmetro avaliado foi o valor eficaz do EMG do músculo sóleos de ambas as pernas com o sujeito sobre a plataforma de força nas diferentes condições. Como o estudo comparou a atividade eletromiográfica entre diferentes condições (pré- e pós-intervenção), escolhemos avaliar apenas os dados da perna esquerda de todos os sujeitos. O nível de significância foi de $p < 0,05$.

3. Resultados

3.1 Caracterização da amostra

Um dos sujeitos do GE desistiu de participar do estudo durante o período de coleta de dados. Desta forma, este grupo ficou com apenas 14 indivíduos.

As medidas antropométricas dos sujeitos foram coletadas antes e após a intervenção, sendo calculada a média e o desvio padrão (Tabela 2). Além disso, também foi computado o tempo de prática do basquetebol. A coleta pós-intervenção foi realizada para analisar se houve alteração significativa das características físicas dos sujeitos na situação pré e pós-intervenção. De acordo com o teste *t-student* não pareado (ou independente), não houve diferenças significativas entre os grupos nos momentos pré e pós-intervenção.

Tabela 2: Média e desvio padrão das medidas antropométricas e do tempo de prática de basquetebol nos períodos pré e pós-intervenção dos participantes de ambos os grupos.

	Grupo Experimental		Grupo Controle	
	Pré-Intervenção	Pós-Intervenção	Pré-Intervenção	Pós-Intervenção
Idade (anos)	14,3 ± 0,8	14,6 ± 0,7	14,4 ± 1,1	14,5 ± 1,0
Estatura (m)	1,71 ± 0,09	1,71 ± 0,10	1,73 ± 0,09	1,74 ± 0,09
Massa corporal (kg)	65,5 ± 17,7	64,4 ± 16,3	61,2 ± 8,8	61,5 ± 8,0
IMC* (kg/m²)	22,1 ± 4,0	21,7 ± 3,4	20,3 ± 1,9	20,3 ± 1,8
Percentual de gordura (%)	17,9 ± 5,5	16,5 ± 4,2	18,0 ± 6,0	17,0 ± 4,4
Tempo de prática de basquetebol (meses)	18,6 ± 6,4	20,6 ± 6,4	23,6 ± 9,7	25,4 ± 9,7

*IMC: Índice de Massa Corporal

No AJFAT todos os voluntários obtiveram resultados com pontuações inferiores a 20 pontos, indicando que nenhum deles apresentava instabilidade funcional na articulação do tornozelo. No IPAQ (Versão Curta), os voluntários foram classificados como Muito Ativos (18 sujeitos) ou Ativos (11 sujeitos).

3.2 Registros eletromiográficos

As Figuras 1 e 2 apresentam os registros eletromiográficos de um sujeito representativo. Observa-se na Figura 1 que o sinal eletromiográfico após o treinamento proprioceptivo (em azul) apresenta maior energia quando comparado ao sinal

eletromiográfico obtido antes do treinamento (vermelho), demonstrando que houve uma maior atividade muscular após treinamento proprioceptivo.

Na Figura 1, a atividade observada no registros eletromiográficos em torno de 4s representa ativação muscular realizada para a subida do sujeito na plataforma de força. A linha vertical tracejada indica o início do sinal que foi analisado (de 10 à 70s). Na Figura 2 observa-se trechos ampliados da Figura 1 mostrando a maior ativação muscular na situação pós-treinamento proprioceptivo (azul) em comparação à situação pré-treinamento proprioceptivo (vermelho).

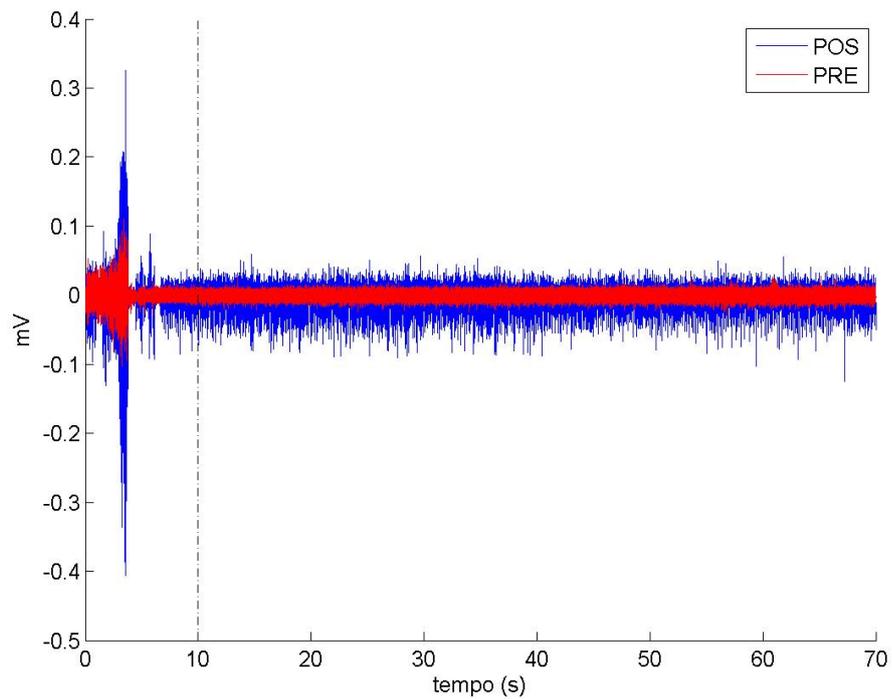


Figura 1: Registros eletromiográficos superpostos obtidos do músculo sóleo da perna esquerda de um sujeito representativo (#15) durante a segunda repetição da condição sem espuma olhos abertos (NSOA) nas duas situações, pré- (PRE, em vermelho) e pós-treino proprioceptivo (POS, em azul).

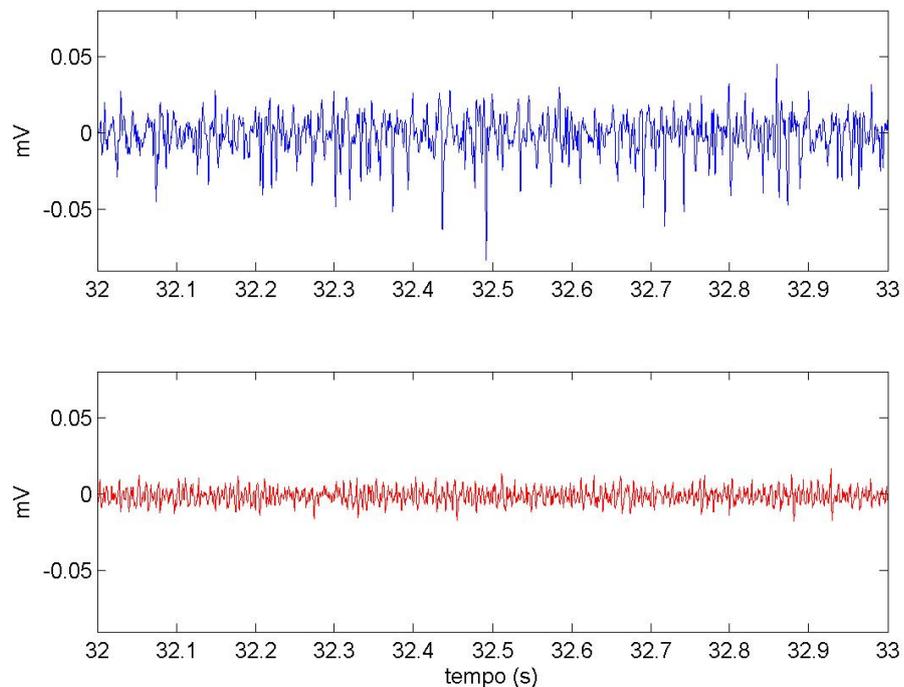


Figura 2: Trechos ampliados da Figura 1 mostrando na parte superior a maior ativação muscular na situação pós-treino proprioceptivo (azul) em comparação à situação pré-treino proprioceptivo (vermelho) (parte inferior do gráfico).

3.3 Valor eficaz da atividade elétrica do músculo sóleo

A atividade elétrica do músculo sóleo foi significativamente maior no GE após o treinamento proprioceptivo e nas condições sem espuma (NSOA e NSOF), quando comparado aos dados pré-intervenção (Figuras 1, 2 e 3) ($p < 0,05$). Nas

condições com espuma (SPOA e SPOF), o GE também apresentou um aumento na ativação muscular quando comparados aos dados pré-intervenção, porém, sem diferenças estatísticas significativas (Figura 3).

O GC não apresentou diferenças estatísticas significativas em nenhuma das condições (Figura 4).

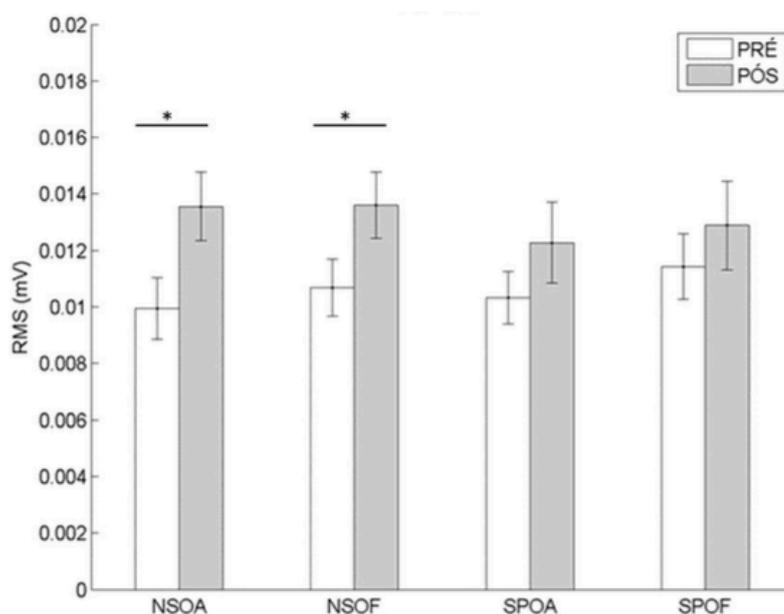


Figura 3: Média dos valores da variável RMS (em mV) da perna esquerda do grupo experimental (GE) medido antes (PRÉ) e após (PÓS) o treinamento proprioceptivo. Valores em média \pm desvio padrão. *: Diferença significativa, $p < 0,05$.

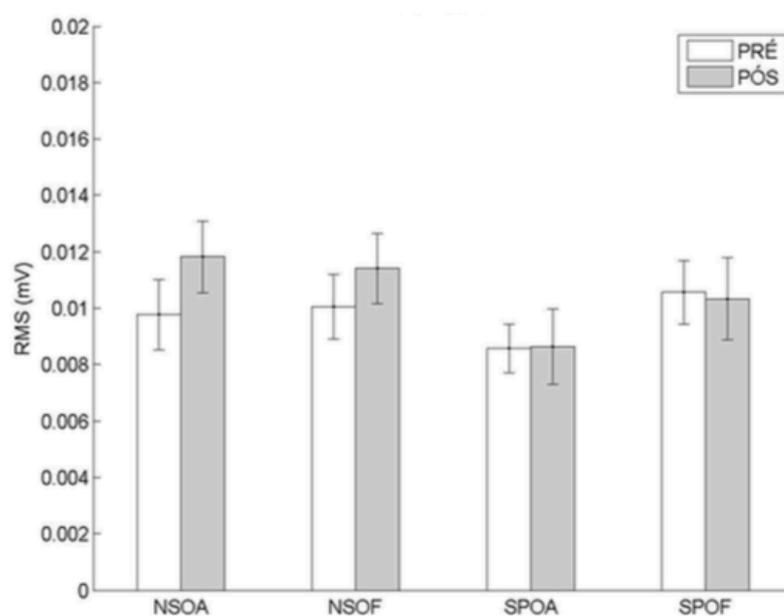


Figura 4: Média dos valores da variável RMS (em mV) da perna esquerda do grupo controle (GC), medido antes (PRÉ) e após (PÓS) o treinamento proprioceptivo. Valores em média \pm desvio padrão.

4. Discussão

O controle postural é uma tarefa motora complexa em que ocorre a integração de diversos processos multissensoriais. Os sistemas somato-sensoriais, visuais e vestibulares são fundamentais para a manutenção da estabilidade postural. Portanto, o controle postural conta com estratégias sensoriomotoras para estabilizar a postura em situações de desequilíbrios internos e externos (De Sousa, 2010).

A hipótese inicial do presente trabalho era que o treinamento proprioceptivo iria reduzir a ativação muscular do sóleo no GE, porém, os resultados mostraram uma situação oposta ao esperado. Tal fato indica uma possível adaptação do sistema responsável pelo controle postural. Uma explicação plausível é que a redução da oscilação postural ocorra por meio do aumento da rigidez articular (resultante da coativação dos flexores do tornozelo e do músculo sóleo). Este comportamento pode refletir uma estratégia do SNC para controlar o equilíbrio na postura ortostática. Vale ressaltar que a ativação muscular observada neste trabalho foi maior nas condições sem espuma. Uma explicação possível seria que em condições desafiadoras, como a situação SPOF, em que o sistema proprioceptivo está comprometido e não existe o input visual, este aumento na ativação muscular não seria útil do ponto de vista de aumento na estabilidade. Ou seja, o aumento na ativação muscular não traria nenhum benefício para a manutenção da estabilidade do sistema biomecânico. Por outro lado, a adaptação do sistema motor se manifestou em uma condição estável (pés paralelos sobre uma superfície rígida e estática), que pode representar uma mudança de estratégia efetuada pelo sistema motor para manter equilíbrio (Mezzarane & Kohn, 2007). Se essa adaptação ocorre em tarefas motoras simples como a permanência na postura ortostática quieta, esta pode também alterar o padrão de ativação de músculos

posturais durante a execução de tarefas motoras mais complexas, como aquelas realizadas durante a prática desportiva.

Para a manutenção do equilíbrio o corpo utiliza diferentes estratégias. Dentre elas temos a estratégia do tornozelo, que envolve a alteração na excursão do centro de massa através da rotação do corpo em torno da articulação tíbio-tarsiana, ativando os músculos anteriores e posteriores da perna. Tal situação é importante quando acontecem pequenos desequilíbrios em superfícies firmes (De Sousa, 2010). O aumento da ativação muscular após o treinamento de propriocepção pode ser interpretado como uma adaptação da estratégia do tornozelo que gera o aumento da atividade do músculo sóleo a fim de manter o equilíbrio.

O aumento da ativação muscular após o treinamento de propriocepção também pode ser explicado pela correlação do EMG dos músculos extensores do tornozelo e a oscilação postural. De fato, foi observado correlação existente entre a ativação do sóleo e o deslocamento do centro de pressão medido em plataforma de força (dados não mostrados). Para manter a estabilidade postural, é necessária a atuação de músculos sobre a articulação a fim de contrabalançar outras forças que tendem a deslocar o corpo para outras posições. Essa ação muscular acontece constantemente devido a frequente oscilação sofrida pelo corpo (Mochizuki & Amadio, 2003). Portanto, outra explicação para o aumento da ativação muscular pós-intervenção é a otimização do controle motor refletida pela redução da oscilação postural, gerando o aumento na ativação dos músculos posturais.

Por fim, cabe ressaltar que fatores como tamanho amostral e atividades físicas recreativas realizadas pelos sujeitos (fator não controlado no presente estudo) podem ter interferido nos resultados.

5. Conclusão

Contrariamente à hipótese inicial, houve o aumento da atividade muscular do sóleo após o treinamento proprioceptivo, indicando uma possível adaptação do sistema de controle postural. Abordagens analíticas mais sofisticadas entre sinais eletromiográficos de músculos posturais e/ou experimentos adicionais que utilizem medidas de atividade muscular aliadas às medidas de excitabilidade de vias reflexas (Mezzarane *et al.*, 2015) podem prover dados adicionais para desvendar os mecanismos de adaptação responsáveis pelo aumento na estabilidade corporal após um treinamento proprioceptivo.

Referências bibliográficas

- Bauer N, Preis C, Bertassoni-Neto L. A importância da propriocepção na prevenção e recuperação cinético-funcional esportiva. *RBRAF*. 2(1): 28-37, 2013.
- Caraffa A, Cerulli G, Progetti M, Aisa G, Rizzo A. Prevention of anterior cruciate ligament injuries in soccer. A prospective controlled study of proprioceptive training. *Knee Surg, Sports Traumatol, Arthroscopy*. 1996 4:19-21.
- Cooke JD. The role of stretch reflexes during active movements. *Brain Res*. 181, 493e497, 1980.
- Cumps E, Verhagen E, Meeusen R. Prospective epidemiological study of basketball injuries during one competitive season: Ankle sprains and overuse knee injuries *Journal of Sports Science and Medicine* (2007) 6, 204-211.
- De Sousa ASP. Controle Postural e Marcha Humana: análise multifatorial. Diss. Universidade do Porto. (2010).
- Daiuto M. Basquete. São Paulo: Hemus.(1991).
- Eils E, Rosenbaum D. A multi-station proprioceptive exercise program in patients with ankle instability. *MEDICINE & SCIENCE IN SPORTS & EXERCISE*® copyright © 2001 by the American College of Sports Medicine
- Ferreira LAB, Rossi LP, Pereira WM, Vieira FF, De Paula Jr AR. Análise da atividade eletromiográfica dos músculos do tornozelo em solo estável e instável. *Fisioterapia em Movimento*. (2009) 22(2):177-187.
- Gatev P, Thomas S, Kepple T, Hallett M. Feedforward ankle strategy of balance during quiet stance in adults. *Journal of Physiology*. (1999) 514: 915-928.
- Hollmann W, Hettinger T. *Medicina do Esporte*, São Paulo: Manole, 2001.
- Lephart S.M, Pincivero DM, Giraido JL, Fu FH. The role of proprioception in the management and rehabilitation of athletic injuries. *Am J Sports Med*. (1997); 25(1): 130-7.
- Leporace G, Metsavaht L, Sposito MMM. Importância do treinamento da propriocepção e do controle motor na reabilitação após lesões músculo-esqueléticas. *Acta fisiátrica* 16.3 (2016): 126-131.
- Mcardle WD, Katch FI, Katch VL. *Fisiologia do exercício: energia, nutrição e desempenho humano*. 7ª Edição, Editora Guanabara Koogan. (2011).
- Mezzarane RA, Elias LA, Magalhaes FH, Chaud VM, Kohn AF. Experimental and Simulated EMG Responses in the Study of the Human Spinal Cord. In: HandeTurker. (Org.) *Electrodiagnosis in New Frontiers of Clinical Research*. Ied.Croácia: InTech. (2013) 1: 57-87.
- Mezzarane RA, Kohn AF. Control of upright stance over inclined surfaces. *Exp Brain Res*. (2007) 180: 377–388.
- Mochizuki L, Amadio AC. As funções do controle postural durante a postura ereta. *Fisioterapia e Pesquisa*, v. 10, n. 1, p. 7-15, 2003.
- Oliveira FB, Paula, RDHD, Oliveira CG, Dantas EH. Avaliação de dois modelos de tábua proprioceptiva com dois tipos de apoios por meio da eletromiografia de superfície. *Fisioter. Bras*, 7(3), 187-190, 2006.
- Pasanen K, Parkkari J, Pasanen M, Hiilloskorpi H, Kannus P. Neuromuscular training and the risk of leg injuries in female floorball players: cluster randomised controlled study. *BMJ* 2008;337:a295 doi:10.1136/bmj.a295
- Plisky PJ, Rauh MJ, Kaminski TW, Underwood FB. Star Excursion Balance Test as a Predictor of Lower Extremity Injury in High School Basketball

Players. Orthop Sports Phys Ther 2006;36(12):911-919. doi:10.2519/jospt.2006.2244

Sheth P, Yu B, Laskowski RE, An K. Ankle Disk Training Influences Reaction Times of Selected Muscles in a Simulated Ankle Sprain. Journal of Sports Medicine, Vol. 25, No 4, 1997.

Verhagen E, Beek A, Twisk J, Bouter L, Bahr R, Mechelen W. The effect of a proprioceptive balance board training program for the prevention of ankle sprains. The American Journal of Sports Medicine. Vol. 32, n. 6, 2004.

Materials Suplementares



MATERIAL SUPLEMENTAR 1 – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

O(a) seu(sua) filho(a) está sendo convidado(a) a participar do projeto “Análise dos efeitos de um programa de treinamento proprioceptivo sobre o equilíbrio postural e sobre a excitabilidade de reflexos de escolares praticantes e não praticantes de basquetebol” sob a responsabilidade do pesquisador Prof. Dr. Rinaldo André Mezzarane. O projeto consiste em realizar medidas reflexas e de oscilação postural antes e após um treinamento de equilíbrio (ou treinamento proprioceptivo).

O objetivo da pesquisa é aprofundar o conhecimento do controle dos movimentos relacionados ao esporte e ajudar a evitar lesões decorrentes da prática esportiva. O treinamento de equilíbrio poderá resultar em uma melhora no controle dos movimentos com vistas à prevenção de lesões.

Todos os esclarecimentos necessários serão prestados antes e no decorrer da pesquisa e lhes asseguramos que a identidade de seu(sua) filho(a) será mantida no mais rigoroso sigilo.

A participação se dará por meio do preenchimento de um questionário, análise do equilíbrio postural em pé sobre uma plataforma de força. Nenhum dos testes provoca desconforto ou dor e seu(sua) filho(a), que estará sendo monitorado(a) pelo pesquisador, deverá relatar em qualquer momento eventuais dores ou qualquer tipo de desconforto, podendo desistir do experimento se assim o desejar. As medidas e as intervenções são extremamente seguras. Existe risco mínimo associado a possíveis quedas durante o treinamento, contudo os participantes estarão realizando atividades supervisionadas por um professor de Educação Física que aplicará atividades orientadas, minimizando os riscos. Os experimentos serão realizados no Laboratório de Processamento de Sinais Biológicos e Controle Motor da Faculdade de Educação Física da UnB. O tempo estimado para a realização de todas as etapas do experimento será de aproximadamente duas horas. Após os testes iniciais o(a) seu(sua) filho(a) participará de um regime de treinamento de equilíbrio por oito semanas. Esses treinos serão realizados na escola de seu(sua) filho(a). Após as oito semanas o mesmo procedimento da primeira visita será repetido. As visitas serão agendadas de acordo com a disponibilidade.

O(A) Senhor(a), ou o(a) seu(sua) filho(a), podem se recusar a participar de qualquer procedimento ou responder qualquer questão que lhes tragam constrangimento, podendo desistir de participar da pesquisa em qualquer momento sem nenhum prejuízo para o(a) Senhor(a) ou para o(a) seu(sua) filho(a) e sem a necessidade de prover explicações adicionais. A participação de seu(sua) filho(a) é voluntária, isto é, não há pagamento por sua colaboração. Despesas relacionadas diretamente ao transporte para o laboratório serão cobertas pelo pesquisador responsável. Caso haja algum dano direto resultante dos procedimentos de pesquisa, o(a) Senhor(a) poderá ser indenizado(a), obedecendo-se as disposições legais vigentes no Brasil.

Os resultados da pesquisa serão divulgados na Faculdade de Educação Física da Universidade de Brasília podendo ser publicados posteriormente. Os dados e materiais utilizados na pesquisa ficarão sob a guarda do pesquisador por um período de no mínimo cinco anos, após isso serão destruídos ou mantidos na instituição.

Se o(a) Senhor(a) tiver qualquer dúvida adicional em relação à pesquisa, por favor telefone para: Prof. Dr. Rinaldo André Mezzarane ou Prof. Dr. Tiago Guedes Russomanno no telefone (61) 3107-2526, da Faculdade de Educação Física da Universidade de Brasília, no horário comercial. Este projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Ciências da Saúde da Universidade de Brasília. As dúvidas com relação à assinatura do TCLE ou os direitos do sujeito da pesquisa podem ser esclarecidas pelo telefone: (61) 3107-1947 ou do e-mail ceps@unb.br, horário de atendimento de 10hs às 12hs e de 14hs às 17hs, de segunda a sexta-feira. Este documento foi elaborado em duas vias, uma ficará com o pesquisador responsável e a outra com o sujeito da pesquisa.

Nome do Responsável:

Pesquisador: Rinaldo André Mezzarane

Brasília, ____ de _____ de _____.



FACULDADE DE EDUCAÇÃO FÍSICA
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DARCY RIBEIRO
BRASÍLIA - DF

MATERIAL SUPLEMENTAR 2 – TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Você está sendo convidado(a) a participar de uma pesquisa com o título “Análise dos efeitos de um programa de treinamento proprioceptivo sobre o equilíbrio postural e sobre a excitabilidade de reflexos de escolares praticantes e não praticantes de basquetebol” para estudar o controle dos movimentos. O responsável pela pesquisa é o Professor Rinaldo André Mezzarane. Esta pesquisa é importante, pois irá ajudar a evitar lesões durante o jogo de basquete.

Pesquisa é um conjunto de testes que serão feitos em você, se você concordar em participar. Assentimento significa que você concorda em fazer parte de um grupo de estudantes, da sua faixa de idade, para participar da pesquisa.

Por favor, peça a algum membro da equipe para explicar qualquer palavra ou informação que você não entenda. Você poderá fazer qualquer pergunta antes do início e durante os testes.

Se você concordar em participar, o pesquisador pedirá para você preencher um questionário e ficar em pé sobre um quadrado de metal localizado no chão. Se você se sentir incomodado ou com dor, avise o pesquisador ou qualquer pessoa da equipe. Os testes em que você vai participar têm duas horas de duração no total, e serão realizados na Faculdade de Educação Física da UnB.

Quando terminar os testes, você irá participar de um treinamento de equilíbrio em sua escola durante oito semanas, junto com o treino de basquete. Existe risco de queda durante os treinos, mas o professor de Educação Física sempre estará por perto orientando os exercícios para que não ocorram quedas. Após os treinos, você irá voltar para a Faculdade e vai repetir os testes. Você poderá desistir de participar dos testes quando quiser, sem precisar explicar a razão.

Você não vai receber dinheiro para participar nos testes.

Os resultados obtidos dos testes serão publicados em revistas científicas, mas o seu nome não será divulgado.

Nome do Responsável:

Nome do Participante:

Pesquisador: Rinaldo André Mezzarane

Brasília, ____ de _____ de _____.

Nome: _____

1. Como você descreveria o nível de dor que você sente em seu tornozelo?

- (0) muito maior em um do que no outro tornozelo
- (1) um pouco maior em um do que no outro tornozelo
- (2) não sinto dor nos tornozelos
- (3) ligeiramente menor em um do que no outro tornozelo
- (4) muito menor em um do que no outro tornozelo

2. Como você descreveria qualquer inchaço do tornozelo?

- (0) muito maior em um do que no outro tornozelo
- (1) um pouco maior em um do que no outro tornozelo
- (2) não possui inchaço nos tornozelos
- (3) ligeiramente menor em um do que no outro tornozelo
- (4) muito menor em um do que no outro tornozelo

3. Como você descreveria a capacidade de seu tornozelo ao andar em superfícies irregulares?

- (0) muito maior em um do que no outro tornozelo
- (1) um pouco maior em um do que no outro tornozelo
- (2) igual nos dois tornozelos
- (3) ligeiramente menor em um do que no outro tornozelo
- (4) muito menor em um do que no outro tornozelo

4. Como você descreveria a sensação geral de estabilidade de seu tornozelo?

- (0) muito menos estável em um do que no outro tornozelo
- (1) um pouco menos estável em um do que no outro tornozelo
- (2) estabilidade igual nos dois tornozelos
- (3) um pouco mais estável em um do que no outro tornozelo
- (4) muito mais estável em um do que no outro tornozelo

5. Como você descreveria a sensação geral de força de seu tornozelo?

- (0) muito menos forte em um do que no outro tornozelo
- (1) um pouco menos forte em um do que no outro tornozelo
- (2) igual em força entre os tornozelos
- (3) ligeiramente mais forte em um do que no outro tornozelo
- (4) muito mais forte em um do que no outro tornozelo

6. Como você descreveria sua capacidade nos tornozelos quando você desce escadas?

- (0) muito menor em um do que no outro tornozelo
- (1) ligeiramente menor em um do que no outro tornozelo
- (2) igual entre os tornozelos
- (3) um pouco maior em um do que no outro tornozelo
- (4) muito maior em um do que no outro tornozelo

7. Como você descreveria sua capacidade nos tornozelos quando você corre?

- (0) muito menor em um do que no outro tornozelo
- (1) ligeiramente menor em um do que no outro tornozelo
- (2) igual entre os tornozelos
- (3) um pouco maior em um do que no outro tornozelo
- (4) muito maior em um do que no outro tornozelo

8. Como você descreve a capacidade dos seus tornozelos para “cortar”, ou mudar de direção quando você está correndo?

- (0) muito menor em um do que no outro tornozelo
- (1) ligeiramente menor em um do que no outro tornozelo
- (2) igual entre os tornozelos
- (3) um pouco maior em um do que no outro tornozelo
- (4) muito maior em um do que no outro tornozelo

9. Como você descreveria o nível global de atividade de seu tornozelo?

- (0) muito menor em um do que no outro tornozelo
- (1) ligeiramente menor em um do que no outro tornozelo
- (2) igual entre os tornozelo
- (3) um pouco maior em um do que no outro tornozelo
- (4) muito maior em um do que no outro tornozelo

10. Qual situação melhor descreve sua capacidade de sentir o tornozelo começando a “pisar em falso”?

- (0) muito mais tarde do que o outro tornozelo
- (1) um pouco mais tarde do que o outro tornozelo
- (2) ao mesmo tempo como no outro tornozelo
- (3) um pouco mais cedo do que o outro tornozelo
- (4) muito mais cedo do que o outro tornozelo

11. Comparando os tornozelos, qual situação melhor descreve a sua capacidade de respota do seu tornozelo quando “pisa em falso”?

- (0) muito mais tarde do que o outro tornozelo
- (1) um pouco mais tarde do que o outro tornozelo
- (2) ao mesmo tempo nos dois tornozelos
- (3) um pouco mais cedo do que o outro tornozelo
- (4) muito mais cedo do que o outro tornozelo

12. Na sequência de um incidente (torcer, “pisar em falso”, cair, tropeçar), qual situação melhor descreve o tempo necessário para voltar à atividade?

- (0) mais de 2 dias
- (1) 1 a 2 dias
- (2) mais de 1 hora e menos de 1 dia
- (3) 15 minutos a 1 hora
- (4) quase imediatamente

MATERIAL SUPLEMENTAR 4 – IPAQ (VERSÃO CURTA)

Nome: _____

Você trabalha de forma remunerada: () Sim () Não

Quantas horas você trabalha por dia: _____

Quantos anos completos você estudou: _____

De forma geral sua saúde está:

() Excelente () Muito boa () Boa

Para responder as questões lembre que:

- atividades físicas **VIGOROSAS** são aquelas que precisam de um grande esforço físico e que fazem respirar **MUITO** mais forte que o normal;
- atividades físicas **MODERADAS** são aquelas que precisam de algum esforço físico e que fazem respirar **UM POUCO** mais forte que o normal;

Para responder as perguntas pense somente nas atividades que você realiza por pelo menos 10 minutos contínuos de cada vez:

1a. Em quantos dias de uma semana normal, você realiza atividades **VIGOROSAS** por pelo menos 10 minutos contínuos, como por exemplo correr, fazer ginástica aeróbica, jogar futebol, pedalar rápido na bicicleta, jogar basquete, fazer serviços domésticos pesados em casa, no quintal ou no jardim, carregar pesos elevados ou qualquer atividade que faça você suar **BASTANTE** ou aumentem **MUITO** sua respiração ou batimentos do coração?

dias: _____ por **SEMANA** () Nenhum

1b. Nos dias em que você faz essas atividades vigorosas por pelo menos 10 minutos contínuos, quanta tempo no total você gasta fazendo essas atividades por dia?

horas: _____ Minutos: _____

2a. Em quantos dias de uma semana normal, você realiza atividades **MODERADAS** por pelo menos 10 minutos contínuos, como por exemplo, pedalar leve na bicicleta, nadar, dançar, fazer ginástica aeróbica leve, jogar vôlei recreativo, carregar pesos leves, fazer serviços domésticos na casa, no quintal ou no jardim como varrer, aspirar, cuidar do jardim, ou qualquer atividade que faça você suar leve ou aumentem moderadamente sua respiração ou batimentos do coração (POR FAVOR NAO INCLUA CAMINHADA)

horas: _____ Minutos: _____

2b. Nos dias em que você faz essas atividades moderadas por pelo menos 10 minutos contínuos quanta tempo no total você gasta fazendo essas atividades por dia?

horas: _____ Minutos: _____

3a. Em quantos dias de uma semana normal você caminha por pelo menos 10 minutos contínuos em casa ou no trabalho, como forma de transporte para ir de um lugar para outro, por lazer, por prazer ou como forma de exercício?

dias: _____ por **SEMANA** () Nenhum

3b. Nos dias em que você caminha por pelo menos 10 minutos contínuos quanta tempo no total você gasta caminhando por dia?

horas: _____ Minutos: _____

4a. Estas ultimas perguntas são em relação ao tempo que você gasta sentado ao todo no trabalho, em casa, na escola ou faculdade e durante o tempo livre. Isto inclui o tempo que você gasta sentado no escritório ou estudando, fazendo lição de casa, visitando amigos, lendo e sentado ou deitado assistindo televisão.

Quanto tempo por dia você fica sentado em um dia da semana?

Horas: _____ Minutos: _____

4b. Quanto tempo por dia você fica sentado no final de semana?

Horas: _____ Minutos: _____

MATERIAL SUPLEMENTAR 5 – QUESTIONÁRIO DE CARACTERIZAÇÃO

1. ANAMNESE

Nome: _____

Idade: _____ Data de Nascimento: _____

Endereço: _____

_____ CEP: _____

Telefones: _____

Escolaridade: _____

Nome dos responsáveis: _____

2. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

Massa Corporal: _____ Kg Estatura: _____ m

Membro Dominante: _____

Posição em Quadra: (1) Armador (2) Ala Armador (3) Ala (4) Ala Pivô (5) Pivô

Realiza alguma outra atividade física orientada ou não além do basquetebol? () Sim () Não

Qual?: _____

Frequência semanal (horas): _____

3. HISTÓRICO DO ATLETA

Tempo de treinamento (em meses): _____

Frequência semanal atual (horas): _____

Tem algum conhecimento sobre Treinos Proprioceptivos? () Sim () Não

4. HISTÓRICO DE LESÕES:

Já realizou alguma cirurgia em membros inferiores. () SIM () NÃO

Qual?: _____

Nos últimos 6 meses sofreu alguma lesão de membros inferiores? () SIM () NÃO

Qual?: _____

Essa lesão ocorreu: Em treino () Em jogo () Fora de Quadra ()

Foi necessário afastamento das atividades relacionadas ao basquete por conta da lesão? () SIM () NÃO.

Por quanto tempo?: _____

Realizou tratamento fisioterapêutico para essa lesão? () SIM () NÃO

Usa órtese em treino? () SIM () NÃO

Quais?: _____

Por qual motivo usa? _____

Uso de órtese em jogo? () SIM () NÃO

Quais?: _____

Por qual motivo usa? _____