Gabriela Borin

Influência da fadiga da musculatura inversora e eversora do tornozelo nos testes funcionais de salto e no controle postural

Dissertação apresentada à Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo para obtenção do Título de Mestre em Ciências.

Programa de Fisiopatologia Experimental

Orientadora: Profa. Dra. Júlia Maria D'Andréa Greve

São Paulo

2014

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Preparada pela Biblioteca da
Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo

©reprodução autorizada pelo autor

Borin, Gabriela

Influência da fadiga da musculatura inversora e eversora do tornozelo nos testes funcionais de salto e no controle postural / Gabriela Borin. -- São Paulo, 2014.

Dissertação(mestrado)--Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo.

Programa de Fisiopatologia Experimental.

Orientadora: Júlia Maria D'Ándrea Greve.

Descritores: 1.Fadiga 2.Tornozelo 3.Testes funcionais 4.Atletas 5.Modalidades de fisioterapia 6.Equilíbrio postural

USP/FM/DBD-198/14

Esta dissertação está de acordo com as seguintes normas, em vigor no momento desta publicação:

Referências: adaptado de *International Committee of Medical Journals Editors* (Vancouver).

Universidade de São Paulo. Faculdade de Medicina. Divisão de Biblioteca e Documentação. *Guia de apresentação de dissertações, teses e monografias*. Elaborado por Anneliese Carneiro da Cunha, Maria Julia de A. L. Freddi, Maria F. Crestana, Marinalva de Souza Aragão, Suely Campos Cardoso, Valéria Vilhena. 3a ed. São Paulo: Divisão de Biblioteca e Documentação; 2011.

Abreviaturas dos títulos dos periódicos de acordo com *List of Journals Indexed in Index Medicus*.

Dedicatória

Aos meus pais, **Viane e Rosa**, que sempre estiveram presentes em todas as fases da minha vida, por todo o amor, dedicação e contribuição que foram fundamentais para minha formação e para me guiar ao longo deste caminho.

Às minhas irmãs, **Fabiana e Tatiana**, e meu cunhado, **Marcos**, por toda a confiança e colaboração no meu desenvolvimento pessoal e profissional.

À minha sobrinha, **Carolina**, por toda a alegria e motivação para sempre buscar meus objetivos.

Ao meu noivo, **Miguel**, por todo amor, compreensão e companheirismo que me ajudaram a enfrentar os desafios.

Aos meus familiares, pelo exemplo de vida de todos os dias.

Agradecimento

À Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, por me proporcionar as condições necessárias para a realização desta pesquisa.

À minha orientadora, **Profa. Dra. Júlia Maria D'Andréa Greve**, por toda a confiança, dedicação e compreensão, que me guiaram na construção de novos conhecimentos. Obrigada, por todo o aprendizado e incentivo nesta etapa.

Às colaboradoras deste estudo, **Angélica e Natália**, por todo o auxílio, companheirismo e aprendizado, que foram fundamentais nesta jornada.

À minha banca de qualificação, pela contribuição para a melhor conclusão deste estudo.

Às funcionárias do Programa de Pós-Graduação em Ciências (Fisiopatologia Experimental), pela atenção, paciência e auxílio.

Aos funcionários do Laboratório de Estudo do Movimento, por toda a colaboração e atenção.

Aos voluntários deste estudo, que gentilmente se disponibilizaram para realizar as avaliações.

Aos meus queridos amigos e amigas que sempre me apoiaram com toda confiança na busca de novos caminhos.

Sumário

Lista de figuras

Lista de tabelas

Lista de abreviatura

Lista de símbolos

Lista de siglas

Resumo

Abstract

1 INTRODUÇÃO.....	1
2 OBJETIVOS.....	3
3 REVISÃO DE LITERATURA.....	4
4 MÉTODOS.....	9
4.1 Tipo de estudo.....	9
4.2 Local de desenvolvimento da pesquisa.....	9
4.3 Comitê de ética.....	9
4.4 Termos de consentimento livre e esclarecido.....	9
4.5 Casuística.....	10
4.5.1 Estruturação da amostra.....	10
4.5.2 Descrição da casuística.....	11
4.6 Materiais.....	11
4.7 Procedimentos.....	12
4.7.1 Avaliação plataforma de força.....	12
4.7.2 Testes funcionais.....	15
4.7.3. Indução de fadiga muscular.....	17

4.8 Análise estatística.....	19
5 RESULTADOS.....	20
6 DISCUSSÃO.....	23
7 CONCLUSÕES.....	29
8 ANEXOS.....	30
Anexo A - Aprovação do Projeto pelo CEP – FMUSP.....	30
Anexo B - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.....	31
Anexo C – Ficha de avaliação.....	34
8 REFERÊNCIAS.....	35

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Marcação de pontos da base de apoio.....	13
Figura 2 - Voluntário na plataforma de força.....	14
Figura 3 - Teste funcionais.....	16
Figura 4 - Voluntário executando os testes funcionais de salto.....	17
Figura 5 - Posicionamento do voluntário no isocinético.....	18

LISTA DE TABELAS

Quadro 1 - Índice pós fadiga da musculatura inversora e eversora de tornozelo	18
Tabela 1 - Parâmetros medidos na posturografia estática antes e depois da indução da fadiga muscular dos eversores e inversores do tornozelo com olhos abertos e apoio bipodal (OAB).....	20
Tabela 2 - Parâmetros medidos na posturografia estática antes e depois da indução da fadiga muscular dos eversores e inversores do tornozelo com olhos fechados e apoio bipodal (OFB)	20
Tabela 3 - Parâmetros medidos na posturografia estática antes e depois da indução da fadiga muscular dos eversores e inversores do tornozelo com olhos abertos e apoio unipodal direito (OAUD).....	21
Tabela 4 - Parâmetros medidos na posturografia estática antes e depois da indução da fadiga muscular dos eversores e inversores do tornozelo com olhos abertos e apoio unipodal esquerdo (OAUE).....	21
Tabela 5 - Desempenho testes funcionais (tempo em segundos).....	22

LISTA DE ABREVIATURAS

et al. e outros

p. página

ed. edição

LISTA DE SÍMBOLOS

ms	milissegundo
°	graus
°/s	graus/segundo
$\leq$	menor ou igual
cm	centímetros
m	metros

LISTA DE SIGLAS

FMUSP	Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo
CEP	Comissão de Ética e Pesquisa
DP	desvio-padrão
AMTI	Advance Mechanical Tecnology Incorporated
A/D	analógico para digital
SPSS	Statistical Package for Social Science
OAB	olhos abertos bipodal
OFB	olhos fechados bipodal
OAUD	olhos abertos unipodal direito
OAE	olhos abertos unipodal esquerdo
ML	médio lateral
AP	antero posterior
COP	centro de pressão

Resumo

Borin, G. Influência da fadiga da musculatura inversora e eversora do tornozelo nos testes funcionais de salto e no controle postural [dissertação]. São Paulo: Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo; 2014.

A fadiga de músculos estabilizadores do tornozelo pode piorar o desempenho nas atividades funcionais e no controle postural. É necessário na prática clínica dispor de testes quantitativos que auxiliem na avaliação de possíveis déficits funcionais para proporcionar maior nível de evidência na tomada de decisões clínicas. Este estudo teve por objetivo avaliar o desempenho de pessoas saudáveis em testes funcionais de salto e de equilíbrio estático nas condições pré e pós fadiga dos músculos inversores e eversores do tornozelo. Foram avaliados 30 voluntários saudáveis, de ambos os gêneros com média de idade de $24,3 \pm 2,0$ (20 - 28) anos de idade, praticantes de atividade física de 2 a 3 vezes na semana e média $1,7 \pm 0,6$ (1-3) horas por dia. Foram realizados dois dias de avaliação, sendo um dia na condição sem fadiga e outro dia com fadiga dos músculos inversores e eversores do tornozelo. O intervalo mínimo entre os dias de avaliação foi de 48 horas. Os testes realizados foram a posturografia estática na plataforma de força (AMTI) em apoio bipodal olhos abertos e fechados e em apoio unipodal olhos abertos e os testes funcionais de salto (figura em oito, cruzado, lateral e quadrado). A fadiga foi induzida pela dinamometria isocinética (Byodex) nos músculos inversores e eversores de tornozelo com 30 repetições na velocidade de $120^\circ/\text{seg}$. Os dados obtidos foram tabulados e analisados no software estatístico SPSS, considerando o $p \leq 0,05$. Os resultados demonstraram piora no desempenho dos testes funcionais e do controle postural em todas as condições, após indução de fadiga muscular. A fadiga prejudica a propriocepção e cinestesia da articulação do tornozelo pelo aumento do limiar de descarga do fuso muscular, diminuição da aferência e senso de alerta articular. Os testes funcionais de salto podem ser considerados úteis para a prática clínica, sendo ainda considerados de baixo custo.

Descritores: 1.Fadiga 2.Tornozelo 3.Testes funcionais 4.Atletas 5.Modalidades de fisioterapia 6.Equilíbrio postural

Abstract

Borin G. Influence of the fatigue invertor and evertor muscles of the ankle on jumping functional tests and postural control [dissertation]. São Paulo: Faculty of Medicine, University of São Paulo; 2014.

Muscle fatigue of the stabilizing muscles of the ankle may influence in the performance of functional activities and postural control. It is important to have quantitative tests that helps assess the function of individuals to provide highest level of evidence for clinical practice decisions. This study aimed to evaluate the performance in jumping functional tests and static equilibrium of healthy people in the conditions pre and post fatigue of invertors and evertor ankle muscles. Thirty healthy volunteers of both genders were evaluated with a mean age of 24.3 ± 2.0 (28 - 20) years old and physically active, 2-3 times a week and average 1.7 ± 0.6 (1-3) hours per day. Two days of evaluation were performed, one day in the condition without fatigue and the other day with fatigue of invertor and evertor muscles. The minimum interval between the days of evaluation was 48 hours. Tests included: static posturography on the force platform (AMTI) in bipedal support with open and closed eyes and; unipodal support with eyes open; and jumping functional tests (figure eight, cross, side and square). The fatigue was induced by isokinetic dynamometry (Byodex) of the invertor and evertor ankle muscles with 30 repetitions at $120^\circ/\text{sec}$. Data were analyzed with the statistical software SPSS and $p \leq 0.05$. The results showed worsening in the performance of functional tests and postural control in all conditions, after induction of muscle fatigue. Fatigue impairs proprioception and kinesthetic ankle joint by increasing the threshold for discharge of muscle spindle, decreased articular afference and sense of alert. The jumping functional tests can be considered useful for clinical practice and also is considered low-cost.

Descriptors: 1.Fatigue 2.Ankle 3.Functional Tests 4.Athletes 5.Physical therapy modalities 6.Postural Balance

1. INTRODUÇÃO

A entorse lateral de tornozelo é uma das lesões mais comuns, na prática esportiva e representa cerca de 34% de todas as lesões em atletas, além disto, 40% dos indivíduos podem evoluir com instabilidade crônica de tornozelo (Fong et al., 2007). A entorse do tornozelo está diretamente relacionada com o mecanismo de trauma, mas a fadiga muscular pode ser um fator indireto que leva à entorse pelo aumento da instabilidade da articulação durante a prática esportiva ou mesmo na movimentação habitual (marcha) (Mohammadi et al 2010; Wrigth and Arnold, 2012; Steib et al., 2013).

A fadiga muscular dos inversores e eversores do tornozelo pode diminuir a potência e a velocidade das respostas sensório-motoras e a potência da resposta muscular, fatores que contribuem para aumentar a instabilidade da articulação (Forestier et al., 2002). Além disso, retarda o tempo de reação pela diminuição da atividade dos receptores musculares (Proske et al., 2000), alterando o sistema de controle neuromuscular de estabilidade. Ainda, a fadiga é responsável por muitas das lesões em atletas, especialmente no final das atividades, sendo que provavelmente parte significativa destas lesões resulte da instabilidade funcional da articulação como resultado da fadiga da musculatura estabilizadora (Yaggie e McGregor, 2002; Simoneau et al., 2005; Ekstrand et al, 2011).

A avaliação funcional da articulação do tornozelo por meio de tarefas que demandem aptidões específicas como coordenação, propriocepção, força e velocidade, pode ser útil para entender o mecanismo de manutenção da estabilidade, assim como o efeito da fadiga muscular, podendo ser utilizada como uma ferramenta para auxiliar na

prevenção, tratamento e retorno ao esporte de pacientes com instabilidade ou entorse do tornozelo (Brumitt et al., 2013).

Os testes funcionais são comumente empregados para avaliar e indicar os exercícios durante programas de reabilitação, mensurando funções com ferramentas que reproduzem as condições do esporte praticado. Geralmente, são medidas dinâmicas utilizadas na fase mais tardia da reabilitação e na volta à prática de atividades físicas mais intensas (Docherty et al., 2005; Caffrey et al., 2009). Os testes para serem efetivos devem simular movimentos e forças impostas às articulações durante a realização de uma atividade e se possível, medir o desempenho de cada paciente ou atleta (Demeritt et al., 2002).

Por sua vez, a posturografia estática realizada em plataformas de força é uma das ferramentas que avalia o controle postural pela mensuração do deslocamento do centro de pressão (COP) (Gimmon et al., 2011). As alterações proprioceptivas, que levam às alterações do controle postural, podem ser consideradas como fatores intrínsecos nas lesões e instabilidade do tornozelo (Willems et al., 2002). Alguns autores sugerem que a maior oscilação do COP indica uma instabilidade postural funcional que pode ser relevante para a prática esportiva e como fator de risco de lesão (Lee e Lin, 2007).

A falta de avaliações mais específicas como critério de alta e evolução do tratamento, leva muitas vezes os profissionais a trabalharem de maneira empírica e tomar decisões frequentemente precipitadas e/ou errôneas. O estabelecimento de uma avaliação mais criteriosa e dinâmica pode melhorar o entendimento do efeito da fadiga sobre a estabilidade do tornozelo. Além disso, pode ser empregada na prevenção, determinando níveis de treinamento, reabilitação das lesões, bem como auxiliar no retorno às atividades esportivas com mais segurança após traumas ou lesões, sendo uma ferramenta muito útil e de baixo custo para a prática clínica.

2. OBJETIVOS:

Avaliar o efeito da fadiga dos músculos inversores e eversores de tornozelo no desempenho de adultos jovens saudáveis nos testes funcionais de salto e nos parâmetros da posturografia estática.

3. REVISÃO DE LITERATURA

A fadiga pode ser definida como uma redução induzida por um exercício na capacidade de produzir força, determinando se a tarefa pode ou não ser mantida (Barry e Enoka, 2007). Um conceito relevante presente nesta definição é que a fadiga começa logo após o início da contração e continua a se desenvolver ao longo da contração, apesar do sujeito continuar o exercício. Dessa forma, a fadiga, compreendida como um sinal neurofisiológico, se inicia no momento da contração e dura até que ocorra uma falha para realizar a tarefa (Casale e Rainoldi, 2011).

A literatura descreve dois tipos de fadiga: periférica (muscular) e central (falha progressiva da unidade neural voluntária) (Harkins et al., 2005). Os principais fatores periféricos são inibição metabólica do processo contrátil e a falha do acoplamento de excitação-contração; e os centrais são redução de recrutamento de novas unidades motoras e diminuição da frequência de disparos (Huston et al., 2005). A fadiga dos músculos em torno de uma articulação inibe o sistema de controle neuromuscular e piora o controle postural (aumenta a oscilação do centro de pressão) (Huston et al., 2005).

Ainda, a fadiga aumenta o risco de lesões musculoesqueléticas, principalmente no final das atividades esportivas, quando o atleta já está mais cansado (Ekstrand et al, 2011). Por outro lado, Augustsson et al. (2006) referem que os testes de função dinâmica, geralmente, são realizados em condições sem fadiga, fator que impede a avaliação adequada do efeito da fadiga sobre o desempenho. Kellis et al (2009) referem que a fadiga afeta o tempo de reação, a coordenação e precisão dos movimentos e aumenta o risco de lesões quando combinada a sobrecarga.

A fadiga muscular está relacionada às alterações do controle neuromuscular pela diminuição da velocidade de aferência e tempo de resposta eferente afetando a capacidade de criar um movimento compensatório de forma eficaz (Gribble e Hertel, 2004)

A dinamometria isocinética é o método mais utilizado para avaliação da função muscular e também para identificar o risco de lesões relacionado com a atividade e desequilíbrios musculares (Reimer et al., 2010). A fadiga muscular pode ser estudada pela dinamometria isocinética, pela realização de um número predeterminado de repetições (20-100 contrações musculares) em uma velocidade angular previamente estabelecida (Bosquet et al., 2010). Os mesmos autores (Bosquet et al., 2010) referem que um protocolo de fadiga com 30 contrações isocinéticas concêntricas máximas (esforço com duração de 30-40 segundos) tem boa relação entre confiabilidade e interpretação fisiológica dos dados.

A entorse de tornozelo foi associada com a diminuição da amplitude de movimento articular (Willems et al., 2005), senso de posição articular (Willems et al., 2005) e controle postural (Wang et al., 2006). A melhor ativação dos músculos ao redor da articulação do tornozelo também contribui para sua estabilidade (Riemann et al., 2003). A diminuição da força eversora reduz a capacidade destes músculos de resistir à inversão e manter o pé em uma posição neutra, o que preveniria a entorse em inversão (Sekir et al., 2007).

A avaliação funcional pode ser feita por testes que mensuram as limitações funcionais das diversas atividades executadas pelos segmentos corpóreos (membros inferiores, superiores, tronco), mostrando uma medida baseada no desempenho (Augustsson et al., 2006; Gustavsson et al., 2006). Estes testes são métodos muito utilizados para avaliar, de forma quantitativa, as limitações e capacidades funcionais de pacientes e atletas (Yoshida et al., 2011).

Os testes de avaliação funcional analisam tanto as estruturas anatômicas, como a execução das tarefas relacionadas com a agilidade, equilíbrio, força e propriocepção de uma forma mais desafiadora, aumentando a sensibilidade da avaliação (Clover et al., 2010; Brumitt et al., 2013). Além disso, podem incluir testes específicos de saltos com e sem mudanças de direção e corridas, que simulam situações reais da prática esportiva (Sharma et al., 2011). Eechaute et al. (2008) também referem que a execução de saltos múltiplos avalia de forma eficiente o sistema de controle postural e é um instrumento confiável e válido para avaliação dinâmica do controle postural.

Por simularem atividades esportivas mais específicas, os testes de avaliação funcional de salto, fornecem informações objetivas para possíveis déficits neuromusculares. Estes testes por reproduzirem o aspecto funcional do salto e da aterrissagem, tem sido descritos como formas de avaliação da força de membros inferiores (Xergia et al., 2013). Além disso, permitem a comparação de um membro com o membro contralateral não lesionado (Hamilton et al., 2008).

Caffrey et al. (2009) descreveram quatro testes funcionais de salto para tornozelo, o teste de figura em 8, lateral, 6 metros cruzado e quadrado, sendo estes realizados saltando em um membro só. No teste figura em oito, são realizados saltos em um percurso de cinco metros, demarcados por dois cones (duas voltas); no teste de salto lateral, são realizados 10 saltos laterais na distância de 30 cm; no teste salto cruzado 6 metros são saltos realizados ao longo de uma linha de 6 metros (cruza a linha durante os saltos) e o teste salto do quadrado consiste na realização de saltos dentro e fora de um quadrado marcado no chão (cinco voltas) (Caffrey et al., 2009).

Todos os quatro testes são cronometrados dentro de uma distância predefinida e classificados como movimentos de agilidade (Foran, 2001). A confiabilidade variou de boa a excelente e foi sugerido que estes testes podem ser usados para avaliar o progresso

durante o processo de reabilitação (Caffrey et al., 2009). Docherty et al. (2005) referem que estes quatro testes funcionais desafiam a face lateral da articulação do tornozelo e recriam os mecanismos que podem levar à percepção de instabilidade.

O controle postural está alterado em indivíduos com doenças musculoesqueléticas em membros inferiores (Arnold et al., 2009; Munn et al., 2010; Howells et al., 2011). O controle postural é a capacidade de manter a postura ereta mantendo o centro de gravidade dentro dos limites da base de apoio (Karlsson e Frykberg, 2000).

Sasagawa et al. (2009) referem que a posição ortostática bipodal do ser humano é inerentemente instável, pois uma grande massa corporal está localizada no alto de uma base de apoio e pequena. O sistema de controle postural estático é avaliado pela posturografia, realizada nas plataformas de força (Lin et al., 2008). A plataforma de força mensura as forças que agem sobre ela durante o ortostatismo e a resultante destas forças determina o ponto do centro de pressão (COP), que reflete a trajetória do centro de massa e o torque de ação sobre a superfície (Swanenburg et al., 2008). Os parâmetros mais usados são os padrões espaciais e temporais de deslocamento do centro de pressão (COP) dentro dos limites de estabilidade (Lin et al., 2008).

Lee e Lin (2007) referem que quanto maior o deslocamento do COP (distâncias e velocidades) maior a instabilidade postural e equilíbrio. As variáveis de controle postural derivadas da oscilação do COP mais utilizadas são: deslocamentos COP nas direções anteroposterior e mediolateral e, velocidade de deslocamento (Swanenburg et al., 2008).

O teste de controle postural em apoio bipodal e unipodal, olhos abertos e olhos fechados são muito utilizados e demonstram uma boa confiabilidade e reprodutibilidade para avaliar o controle postural (Clark et al 2010).

A ação dos músculos estabilizadores do tornozelo contribui para a estabilidade da articulação do tornozelo e são importantes para prevenção de entorses (Riemann et al.,

2003). A instabilidade e entorse do tornozelo foram associadas com diminuição da amplitude de movimento articular (Willems et al., 2005), do senso de posição articular (Willems et al., 2005), do controle postural (Wang et al., 2006) e com deficiência da força eversora (Sekir et al., 2007).

4. MÉTODOS

4.1. Tipo de estudo

Estudo prospectivo controlado.

4.2. Local de desenvolvimento da pesquisa

A pesquisa foi realizada no Laboratório de Estudo do Movimento do Instituto de Ortopedia e Traumatologia (LEM/IOT) do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (HC/FMUSP).

4.3. Comitê de ética

O estudo foi analisado e aprovado pela Comissão de Ética em Pesquisa da FMUSP, em sessão de 22 de agosto de 2012, sob o protocolo de nº 267/12 (Anexo A).

4.4. Termo de consentimento livre e esclarecido

Todos os participantes foram devidamente informados sobre os procedimentos e etapas da pesquisa e assinaram um termo de Consentimento Livre e Esclarecido (Anexo B).

4.5. Casuística

4.5.1. Estruturação da amostra

De acordo com o cálculo amostral, foi necessária uma amostra de 26 indivíduos. Para o tamanho deste cálculo amostral, assumimos a hipótese bicaudal: valores de α (probabilidade de erro tipo I) de 5%, valores de β (probabilidade de erro tipo II) de 10% e a força do testes de 90%.

Os voluntários foram recrutados de clubes, academias e agremiações esportivas da cidade de São Paulo.

Os critérios de inclusão foram:

- Sem histórico de lesão ou cirurgia no sistema musculoesquelético; doença neurológica, cardiovascular, metabólica, reumática e/ou do sistema vestibular;
- Prática de atividade física não competitiva - 2 a 3 vezes por semana, pelo menos por 03 meses consecutivos antes da avaliação (Pincivero et al, 2003);
- Ausência de lesões prévias de MMII pelo período de 06 meses (lesão = afastamento do atleta do esporte por 24 ou + horas consecutivas) (Pincivero et al, 2003).

O critério de exclusão foi:

- Não conseguir realizar os testes por qualquer motivo.

4.5.2. Descrição da Casuística

Foram avaliados 30 voluntários de ambos os gêneros (15 homens e 15 mulheres) que atenderam aos critérios de inclusão, com idade de $24,3 \pm 2,0$ (20-28) anos, estatura $1,73 \pm 0,08$ (1,59-1,87) m, peso $68,6 \pm 10,3$ (52,0-79,1) kg e IMC de $22,8 \pm 1,4$ (19,82-24,8). Quinze voluntários tinham dominância do membro inferior direito e 15 do esquerdo. Dezesesseis (53,3%) dos voluntários realizavam atividade física duas vezes por semana e 14 (46,6%) três vezes por semana durante $1,7 \pm 0,6$ (1-3) horas por dia.

4.6. Materiais

Os materiais necessários para a execução do estudo foram:

- Dinamômetro Isocínético da marca Biodex[®], System 3, Software versão 3.2;
- Plataforma de Força portátil (modelo AccuSwayPlus[®], marca Advanced Mechanical Technology Inc., AMTI, Watertown, Massachusetts);
- Amplificador Mini-amp[®] (modelo MSA-6);
- Computador Itautec;
- Software Netforce[®] AMTI para aquisição de dados da plataforma de força;
- Software Bioanalysis[®] AMTI para análise dos dados;
- Bicicleta ergométrica da marca Moviment, modelo Biocycle 2600 Eletromagnetic;
- Balança Welmy;
- Cronômetro relógio Casio Hs-30[®] Digital Profissional Wr-50 Mt
- 2 cones de plástico de sinalização;
- Fita plástica vermelha para marcação.

4.7. Procedimentos

Para a realização das avaliações, os voluntários foram previamente agendados em duas sessões, com intervalo de no mínimo 48 horas. Os testes foram aplicados a todos os voluntários pelo mesmo investigador.

Os voluntários foram orientados a comparecer com traje esportivo e tênis de uso habitual e orientados a não realizar exercício extenuante 48 horas antes dos testes para evitar qualquer fadiga residual induzida por exercícios recentes (Bosquet et al., 2010).

No primeiro dia o voluntário foi informado e assinou o termo de consentimento (Anexo B) para a participação do estudo. Em seguida respondeu a um questionário de dados pessoais (Anexo C). Após, foi realizado o exame físico com medidas de estatura e massa corporal. A dominância dos membros foi determinada para cada participante, perguntando a preferência da perna de chute (Sharma et al., 2011). Ao final dessa primeira parte, o voluntário foi encaminhado para a avaliação de equilíbrio na plataforma de força e em seguida para a execução de testes funcionais.

No segundo dia de testes, após o protocolo de fadiga no aparelho isocinético da musculatura inversora e eversora de tornozelo, o voluntário realizou a mesma avaliação na plataforma de força e os testes funcionais.

4.7.1 Avaliação da plataforma de força

A plataforma de força portátil (modelo AccuSwayPlus, marca Advanced Mechanical Technology Inc., AMTI, Watertown, Massachusetts) se encontra em lugar demarcado no piso do laboratório. Os sinais captados durante as avaliações foram amplificados e em seguida foram convertidos de analógicos para digitais através de um

conversor A/D e registrados em um computador, o qual contém um Software que gerenciou a aquisição dos dados. A plataforma foi ligada 30 minutos antes do início das coletas para a verificação dos parâmetros de amplificação, frequência e captação dos sinais.

Os voluntários foram posicionados sobre a plataforma de força, trajando shorts e camiseta, pés descalços, adotando uma base de suporte que não ultrapassou a largura dos quadris. Em seguida, foram realizadas as marcações do posicionamento dos pés indicadas em uma folha de papel fixada sobre o centro da plataforma. Foram marcados quatro pontos em cada pé, sendo estes, hálux, cabeça do quinto metatarso, maléolo lateral e medial (Figura 1). Esta base de apoio foi registrada no programa através da aplicação de uma força de 10 libras com uma haste de metal em cada um dos pontos marcados na folha de papel, sendo esta base utilizada em todos os testes (Brech et al, 2013).

Figura 1. Marcação de pontos da base de apoio

A avaliação foi realizada com os voluntários em pé sobre a plataforma, primeiramente com apoio bipodal, calcanhares afastados e mantidos em uma posição confortável, marcados na folha de papel, como descrito anteriormente. Os braços foram mantidos ao longo do corpo, posição estática e o olhar fixo em um ponto a 1 metro de distância a frente e 10 cm abaixo de sua estatura (Figura 2). Após o posicionamento e

orientação, foi dado o comando verbal de início do teste. A gravação dos dados iniciou-se após cinco segundos, para descartar as primeiras oscilações. A cada uma das tentativas, com olhos abertos ou fechados, os voluntários foram orientados a sentar, sendo realizado um intervalo de 60 segundos entre as tentativas. Foram realizadas três tentativas de olhos abertos e três de olhos fechados, com duração de 60 segundos cada (Brech et al., 2013).

Figura 2. Voluntário na plataforma de força

Em seguida o voluntário foi orientado a manter-se em apoio unipodal em cada membro no mesmo posicionamento do pé na plataforma. Nesta situação os voluntários foram instruídos a manter a perna contralateral com uma flexão de joelho de aproximadamente 90° , quadril em posição neutra e braços ao longo do corpo. O voluntário realizou três tentativas de olhos abertos, olhando para o mesmo ponto fixo. Cada tentativa teve duração de 30 segundos, com intervalo de 60 segundos (Bonfim et al, 2008).

Após cada tentativa, os dados eram salvos e a plataforma era novamente zerada para a nova tentativa. A tentativa foi considerada inválida se o voluntário apoiou o pé contralateral no solo ou apresentou um desequilíbrio importante de tronco, sendo essa tentativa realizada novamente. Os resultados foram dados pela média aritmética das três

tentativas realizadas em cada condição, processados automaticamente pelo Software de análise Balance Clinic[®].

As variáveis utilizadas foram as seguintes listadas abaixo.

- Deslocamento do centro de pressão (COP) nos planos: anteroposterior (YSD) e médiolateral (XSD), que representa a raiz quadrática média dos deslocamentos do COP em uma determinada direção, expressa em centímetros (cm);
- Velocidade média resultante – calculada pela divisão do deslocamento total do COP em todas as direções pelo período de tempo, expressa em cm/s e;
- Área elíptica de 95% de deslocamento - calculada de forma que 95% de todo deslocamento do CP estivesse dentro desta elipse, expressa em cm² e denominada área 95.

4.7.2 Testes funcionais de salto

Consistiram na realização de quatro testes funcionais de salto (Figura 3 e 4). A ordem dos testes foi randomizada por meio do programa Microsoft Excel[®].

No teste figura em oito foi demarcada a distância de 5 metros com dois cones, o voluntário foi instruído a realizar o trajeto de uma figura em oito, saltando em uma perna só com os dois braços para trás, completando duas voltas completas (Caffrey et al., 2009).

No teste salto lateral o voluntário realizou 10 saltos laterais em uma perna só, com os braços para trás, na distância de 30 cm demarcada por fitas. Um salto era considerado como ida e volta ao ponto de partida (Caffrey et al., 2009).

No teste salto cruzado em 6 m, foi demarcado com uma fita 15 cm de largura, uma distância de 6 m, sendo o voluntário instruído a saltar em uma perna só, cruzando a linha até o final (Caffrey et al., 2009).

Por sua vez, no salto no quadrado, foi demarcado um quadrado de 40 cm, sendo o voluntário instruído a realizar saltos alternados dentro e fora do quadrado, realizando 5 voltas completas em cada tentativa. Neste teste, no apoio na perna direita o movimento foi realizado em sentido horário e no apoio na perna esquerda em sentido anti horário. O voluntário foi instruído sobre a correta realização dos testes antes da sua execução (Caffrey et al., 2009).

Em todos os testes foram realizadas duas tentativas para familiarização e 3 tentativas em cada uma das pernas, sendo cronometrado o tempo para realização dessas tentativas. No caso do voluntário tocar com perna contralateral no solo, ser incapaz de completar a tentativa, pisar na demarcação ou perder o tempo de contagem, a tentativa foi desconsiderada (Caffrey et al., 2009).

Figura 3. Testes funcionais. A. Figura em oito B. Lateral C. Cruzado D. Quadrado (Caffrey et al 2009).

Figura 4. Voluntário executando os testes funcionais. A. Figura em oito B. Lateral C. Cruzado D. Quadrado

O tempo de execução de cada teste foi gravado utilizando um cronômetro de mão digital (Digi Esportes Instrumentos, Kwai Chung, Hong Kong) (Sharma et al., 2011; Brumitt et al., 2013). O intervalo de tempo entre o sinal de "ir" e o sinal de "parar" foi medido até 0,01 segundo. Os tempos decorridos das três tentativas do teste formaram a média para cada perna (Eechaute et al., 2012).

4.7.3. Indução de fadiga muscular

Previamente ao protocolo de fadiga no isocinético, o voluntário foi submetido a um aquecimento, em bicicleta ergométrica, durante cinco minutos que consistiu de um esforço submáximo (carga e a cadência confortáveis, sem a presença de fadiga) (Pincivero et al., 2003).

Antes do início dos testes, o dinamômetro isocinético foi calibrado e posicionado para a realização do teste. O voluntário foi posicionado sentado com o membro a ser testado com um suporte na região distal da coxa e a planta do pé apoiada em uma placa rígida.

O eixo de movimento da articulação do tornozelo foi alinhado com o eixo mecânico do dinamômetro e o joelho foi mantido com 30° de flexão. A placa rígida permitia a amplitude de movimento de 30° de inversão e 20° de eversão a partir da posição neutra do tornozelo (Sekir et al., 2007). O voluntário foi mantido na posição por dois cintos torácicos e um pélvico e faixas de velcro sobre a porção distal da coxa e área dos metatarsos na região dorsal do pé. Os voluntários foram orientados a segurar nos apoios laterais da cadeira para uma melhor estabilização (Figura 5).

Figura 5. Posicionamento isocinético (Fonte: www.biodex.com)

Foram realizadas três tentativas submáximas para familiarização com o procedimento (Sekir et al., 2007) e em seguida realizadas 30 contrações concêntricas de inversão e eversão do tornozelo na velocidade de 120°/segundo.

O índice pós-fadiga da musculatura inversora e eversora pode ser visto no quadro abaixo (Quadro 1).

Quadro 1- Índice pós fadiga da musculatura inversora e eversora de tornozelo

Eversora D	Eversora E	Inversora D	Inversora E
37,05%	34,09%	35,86%	34,63%

O índice de fadiga da musculatura inversora e eversora foi calculado pela divisão da soma do torque gerado nas 10 primeiras repetições pelo torque das 10 últimas após. O índice gerado foi acima de 30% (Dickin and Doan, 2008).

Imediatamente após esta atividade, foi realizada nova avaliação na plataforma de força e os quatro testes funcionais, da mesma forma como descrito anteriormente.

4.8. Análise Estatística

Os valores obtidos para todas as variáveis foram expostos em planos tabulares. A estatística descritiva constou do cálculo da média, desvio-padrão, valores mínimo e máximo para as variáveis quantitativas e do cálculo das frequências absolutas e relativas para as variáveis categóricas.

Para a análise do controle postural nas quatro variáveis e dos testes funcionais de salto nas avaliações pré e pós-fadiga foram utilizados os testes de normalidade de Shapiro-Wilk. Na análise do controle postural e testes funcionais foi utilizado o teste de Wilcoxon (Wilcoxon signed-ranks test).

O nível de significância dos testes foi de 0,05 para todas as análises. Todos os procedimentos estatísticos foram realizados utilizando o programa Statistical Package for Social Science (SPSS para Windows – Versão 17.0 – SPSS, Inc).

5. RESULTADOS

Na análise dos dados da plataforma de força foram encontrados os seguintes resultados para a comparação pré e pós fadiga.

Tabela 1 – Parâmetros medidos na posturografia estática antes e depois da indução da fadiga muscular dos eversores e inversores do tornozelo com os olhos abertos e apoio bipodal (OAB).

Variável	Pré (Mediana)	Pós (Mediana)	P
XSD	0,23	0,32	<0,001*
YSD	0,44	0,59	<0,001*
Velocidade	0,82	0,92	0,168
Área 95	1,97	2,61	<0,001*

XSD = deslocamento médio/lateral (cm); YSD = deslocamento antero/posterior (cm); velocidade de deslocamento (cm/s) e área (cm²). *Wilcoxon. $p \leq 0,05$.

Na condição de olhos abertos bipodal (OAB) houve diferença estatística para as variáveis XSD, YSD e área 95 (Tabela 1).

Tabela 2 - Parâmetros medidos na posturografia estática antes e depois da indução da fadiga muscular dos eversores e inversores do tornozelo com olhos fechados e apoio bipodal (OFB).

Variável	Pré (Mediana)	Pós (Mediana)	P
XSD	0,30	0,36	<0,001*
YSD	0,48	0,65	<0,001*
Velocidade	1,14	1,81	<0,001*
Área 95	2,74	3,97	<0,001*

XSD = deslocamento médio/lateral (cm); YSD = deslocamento antero/posterior (cm); velocidade de deslocamento (cm/s) e área (cm²). *Wilcoxon. $p \leq 0,05$.

Na condição de olhos fechados bipodal (OFB) houve diferença estatística para todas as variáveis (Tabela 2).

Tabela 3 - Parâmetros medidos na posturografia estática antes e depois da indução da fadiga muscular dos eversores e inversores do tornozelo com olhos abertos e apoio unipodal direito (OAUD).

Variável	Pré (Mediana)	Pós (Mediana)	P
XSD	0,61	0,78	<0,001*
YSD	0,69	0,89	<0,001*
Velocidade	4,01	4,78	<0,001*
Área 95	6,32	9,07	<0,001*

XSD = deslocamento médio/lateral (cm); YSD = deslocamento antero/posterior (cm); velocidade de deslocamento (cm/s) e área (cm²). *Wilcoxon. $p \leq 0,05$.

Na condição de olhos abertos unipodal direito (OAUD) houve diferença estatística para todas as variáveis: XSD, YSD, velocidade e área 95 (Tabela 3).

Tabela 4 - Parâmetros medidos na posturografia estática antes e depois da indução da fadiga muscular dos eversores e inversores do tornozelo com olhos abertos e apoio unipodal esquerdo (OAUE).

Variável	Pré (Mediana)	Pós (Mediana)	P
XSD	0,53	0,79	<0,001*
YSD	0,72	0,89	<0,001*
Velocidade	3,8	4,21	<0,001*
Área 95	6,32	8,14	<0,001*

XSD = deslocamento médio/lateral (cm); YSD = deslocamento antero/posterior (cm); velocidade de deslocamento (cm/s) e área (cm²). *Wilcoxon. $p \leq 0,05$.

Na condição de olhos abertos unipodal esquerdo (OAUE) houve diferença estatística para todas as variáveis XSD, YSD, velocidade e área 95 (Tabela 4).

Tabela 5 - Desempenho testes funcionais (Tempo em segundos)

Variável	Pré (Mediana)	Pós (Mediana)	P
Quadrado direito	23,67	31,93	<0,001*
Quadrado esquerdo	23,32	31,6	<0,001*
Cruzado direito	3,32	5,62	<0,001*
Cruzado esquerdo	3,45	5,75	<0,001*
Lateral direito	10,58	15,61	<0,001*
Lateral esquerdo	10,45	15,82	<0,001*
Oito direito	11,31	15,71	<0,001*
Oito esquerdo	11,39	15,72	<0,001*

*Wilcoxon. $p \leq 0,05$

Todos os testes funcionais apresentaram diferença estatística significativa pré e pós fadiga (Tabela 5).

6. DISCUSSÃO

A fadiga da musculatura inversora e eversora de tornozelo influenciou no desempenho nos testes funcionais e nos parâmetros da posturografia. Os resultados revelaram na posturografia um aumento da oscilação, da velocidade e área de deslocamento do COP e nos testes funcionais de salto aumento do tempo necessário para a realização destes.

Um dos objetivos do presente estudo foi observar a influência da fadiga no controle postural. Em concordância com os achados de nosso estudo, Pailard (2012) afirma que a fadiga muscular altera o controle postural, aumentando a amplitude e velocidade de deslocamento em adultos jovens. Segundo Bisson et al. (2013) estas alterações podem ser exacerbadas devido a um efeito aditivo da fadiga, de alteração do senso de posicionamento articular e do senso de força.

Ainda, Paillard (2012) em sua revisão sistemática sobre o efeito da fadiga no controle postural cita vários estudos que afirmam que exercícios locais de curta duração podem induzir déficits do controle postural, quando há uma perda superior ou igual a 30% da máxima contração voluntária. No nosso estudo o índice de fadiga fornecido através do dinamômetro isocinético indicou valores acima de 30%, corroborando com os dados citados da literatura.

Analisando as condições de posturografia estática, no apoio bipodal e olhos abertos, houve um aumento da oscilação do COP nas direções anteroposterior e mediolateral e na área de deslocamento; já no apoio unipodal com os olhos abertos e no apoio bipodal e olhos fechados, este aumento de oscilação foi observado em todos os

parâmetros (deslocamento mediolateral, anteroposterior, área total de deslocamento e velocidade de deslocamento).

Dessa forma, os resultados do presente estudo sugerem uma relação entre a dificuldade da tarefa e a relevância da informação visual e da base de suporte. Na condição olhos abertos e apoio bipodal não foi verificado diferença na variável de velocidade. Estes fatos poderiam ser explicados pela situação menos desafiadora para o grupo de voluntários avaliados, jovens, ativos sem nenhum tipo de lesão, dados concordantes com os propostos por Muehlbauer et al. (2011).

De fato, Gimmon et al. (2011) e Boyas et al (2011) demonstraram uma modulação do efeito da fadiga no controle postural de acordo com as fontes de informação sensorial disponíveis, como por exemplo olhos abertos e olhos fechados. Em nosso estudo, na condição bipodal e olhos fechados, houve uma diferença em todas as variáveis, inclusive na velocidade de deslocamento, dados semelhantes dos Bisson et al. (2013) e Corbeil et al. (2003). A retirada da aferência visual, exige maior participação do sistema neuromuscular fazendo com que a velocidade de deslocamento do COP aumente para mantê-lo dentro dos limites de estabilidade. Segundo Bisson et al. (2013) na condição de fadiga muscular, as informações sensoriomotoras ficam reduzidas e a aferência visual seria ainda mais importante para os ajustes do equilíbrio postural.

Nas condições OAUD e OAUE houve aumento da oscilação mediolateral e anteroposterior e da área de deslocamento, assim como da velocidade de deslocamento. Os estudos de Salavati et al (2007); Muehlbauer et al (2011) e Borreani et al (2014) afirmam que a menor base de suporte (unipodal) demanda maior atividade dos músculos posturais tônicos e ajustes posturais para manutenção do equilíbrio, independente da fadiga. Dessa forma, a associação do apoio unipodal com a fadiga causou aumento ainda

maior na oscilação do centro de pressão e velocidade de deslocamento, demonstrando a importância da fadiga nos mecanismos de estabilidade dinâmicos do tornozelo.

Os resultados de nosso estudo indicam que a fadiga em musculatura proximal da extremidade inferior foi associada com o déficit de estabilidade postural tanto em plano sagital como frontal. Estes resultados são consistentes com os relatados por Salavati et al (2007) que encontraram piora nos índices de estabilidade postural nos planos tanto sagital quanto frontal, após a fadiga dos músculos eversores e inversores de tornozelo. Isto não foi observado no estudo de Gribble e Hertel (2004) que relataram diferenças no deslocamento do COP apenas no plano sagital, o que poderia ser explicado pelo fato deste estudo ter induzido à fadiga de músculos diferentes, sendo estes os flexores plantares e dorsiflexores do tornozelo.

De uma forma geral, pelo fato da fadiga diminuir a transmissão neural, a habilidade de criar contrações compensatórias eficientes nesta articulação se encontra reduzida, resultando por sua vez em uma falha do controle neuromuscular e maiores alterações do posicionamento articular. Gribble e Hertel (2004) afirmam que essa maior variabilidade de movimentação articular na falta de ações de correções musculares pode resultar na diminuição do controle postural, indicado por uma maior excursão do COP.

Em relação aos testes funcionais de salto, a escolha dos quatro testes utilizados neste estudo deu-se pela capacidade de avaliar a estabilidade e as estruturas laterais da articulação do tornozelo por meio de movimentos exigidos de cortes e giros. Caffrey et al (2009) demonstraram que estes testes de saltos são reprodutíveis e confiáveis. O teste de salto lateral, em específico, exige um amplo movimento de inversão e eversão em situação dinâmica e pode mostrar a deficiência dos músculos fibulares e tibiais no plano frontal (Yoshida et al., 2011; Linens et al., 2014).

Observamos em nosso estudo que após a indução de fadiga dos inversores e eversores, houve diminuição da estabilização dinâmica, observada pelo maior tempo de desempenho nos quatro testes funcionais de saltos. Os músculos inversores e eversores na sua ação conjunta são estabilizadores do movimento mediolateral do tornozelo na manutenção do equilíbrio estático e dinâmico (Harkins et al., 2005; van Cingel et al., 2006). Pode se afirmar que a fadiga muscular dos inversores e eversores prejudica a propriocepção e cinestesia da articulação do tornozelo pelo aumento do limiar de descarga do fuso muscular, pela diminuição da aferência e do senso de alerta articular e pela incapacidade de manter o tônus muscular adequado, diminuindo assim o desempenho em atividades dinâmicas e predispondo às lesões (Forestier et al., 2002; Yaggie e McGregor, 2002; Salavati et al., 2007).

Os eversores do tornozelo, como a resistência primária ao estresse de inversão, são fundamentais para prevenção das torções de tornozelo em inversão (Willems et al., 2002), sendo essencial uma resposta neuromuscular rápida e coordenada para a estabilização eficiente da articulação. Yoshida et al (2011) demonstraram que o músculo fibular longo mantém-se em atividade durante todas as fases do teste de salto lateral e desta forma, o aumento do tempo de execução deste teste específico poderia estar relacionado com a disfunção do fibular longo. Esta especificidade torna o teste de salto lateral um bom instrumento para avaliar a função do fibular longo durante uma atividade dinâmica. Este efeito pode justificar nossos resultados, que mostraram um desempenho pior após a indução de fadiga muscular.

Os testes funcionais de salto e agilidade que não demonstraram diferenças de desempenho foram executados no plano frontal, com pouca exigência de rotação ou laterais, e não foram cronometrados (Demeritt et al., 2002; Docherty et al., 2005). Assim como proposto por Caffrey et al. (2009) os indivíduos do nosso estudo realizaram os testes

no menor tempo possível, como movimentações no plano sagital e em várias direções. E foi essa combinação de diferentes componentes de desempenho que nos permitiu detectar déficits funcionais.

A propriocepção e cinestesia são extremamente importantes na execução das atividades motoras (marcha, corrida, saltos, chutes), pois estão diretamente relacionadas com a segurança (lesões e quedas) e o desempenho destas atividades. Tanto o treinamento para execução de uma atividade como a reabilitação e retorno à atividade após uma lesão estão diretamente relacionados com a capacidade de resposta das estruturas musculares e articulares envolvidas. Os dados deste estudo abrem a perspectiva para estudar a atividade eletromiográfica durante a execução da posturografia e dos testes funcionais de salto, fato que poderia contribuir para melhor definir a ação dos diferentes músculos durante a execução das tarefas.

Uma vez que as lesões esportivas ocorrem no final de uma prova ou um evento esportivo pelo efeito da fadiga (Ostenberg e Roos, 2000; Ekstrand et al, 2011), o modelo de indução de fadiga dos músculos da articulação do tornozelo pode ser utilizado para a avaliação da estabilidade articular. O conhecimento adicional dos nossos resultados é que os testes funcionais de salto podem ser utilizados na avaliação de atletas, sendo considerado um instrumento dinâmico que auxilia na melhor compreensão de mecanismos que podem levar à instabilidade do tornozelo.

Dispor de testes quantitativos que ajudem a avaliar funcionalmente os indivíduos durante treinamento e tratamento é fundamental para proporcionar maior nível de evidência na tomada de decisões. A avaliação da função articular e do controle postural pode diminuir a ocorrência de lesões, melhorar a qualidade do treinamento ou do tratamento e desempenho, prevenir retorno precoce e riscos de lesões recorrentes (Demeritt et al 2002; Munn et al., 2002). Os testes funcionais de salto, usados neste

estudo, são de fácil aplicação e de baixo custo e foram efetivos para avaliar o efeito da fadiga muscular em indivíduos saudáveis. A identificação desses fatores pode auxiliar na prevenção de lesões de tornozelo, principalmente na entorse lateral e instabilidade de tornozelo que apresentam alta incidência na população em geral e especialmente nos praticantes de atividade física.

7. CONCLUSÕES

A fadiga da musculatura inversora e eversora do tornozelo de jovens fisicamente ativos piora o desempenho nos quatro testes funcionais de salto e aumenta a atividade proprioceptiva para controle postural na posturografia estática.

8. ANEXO

Anexo A – Aprovação do Projeto pelo CEP –FMUSP

APROVAÇÃO

O Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, em sessão de 22/08/2012, APROVOU o Protocolo de Pesquisa nº 267/12 intitulado: “RELAÇÃO DOS TESTES FUNCIONAIS DE TORNOZELO E PÉ COM O CONTROLE POSTURAL E A FADIGA DA MUSCULATURA INVERSORA E EVERSORA.” apresentado pelo Departamento de ORTOPEDIA E TRAUMATOLOGIA

Cabe ao pesquisador elaborar e apresentar ao CEP- FMUSP, os relatórios parciais e final sobre a pesquisa (Resolução do Conselho Nacional de Saúde nº 196, de 10/10/1996, inciso IX.2, letra "c").

Pesquisador (a) Responsável: Julia Maria D'Andrea Greve

Pesquisador (a) Executante: Gabriela Borin

CEP-FMUSP, 22 de Agosto de 2012.

Prof. Dr. Roger Chammas
Coordenador Comitê de Ética em Pesquisa

Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Medicina e-mail:
cep.fmusp@hcnet.usp.br

Anexo B – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

FACULDADE DE MEDICINA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO**TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO****DADOS DE IDENTIFICAÇÃO DO SUJEITO DA PESQUISA OU RESPONSÁVEL LEGAL**

1. NOME:
DOCUMENTO DE IDENTIDADE Nº : SEXO : M ☐ F ☐
DATA NASCIMENTO:/...../.....
ENDEREÇO Nº APTO:
BAIRRO: CIDADE
CEP:..... TELEFONE: DDD (.....)
2. RESPONSÁVEL LEGAL
NATUREZA (grau de parentesco, tutor, curador etc.)
DOCUMENTO DE IDENTIDADE : SEXO: M ☐ F ☐
DATA NASCIMENTO.:/...../.....
ENDEREÇO: Nº APTO:
BAIRRO: CIDADE:
CEP: TELEFONE: DDD (.....)

1. TÍTULO DO PROTOCOLO DE PESQUISA Relação dos testes funcionais de tornozelo e pé com o controle postural e a fadiga da musculatura inversora e eversora.

PESQUISADOR : Profª Dra Julia Maria D'Andréa Greve
CARGO/FUNÇÃO: Coordenadora do LEM IOT HCFMUSP
INSCRIÇÃO CONSELHO REGIONAL Nº CRM 26.970
UNIDADE DO HCFMUSP: LEM – IOT

2. AVALIAÇÃO DO RISCO DA PESQUISA:

RISCO MÍNIMO	☒	RISCO MÉDIO	☐
RISCO BAIXO	☐	RISCO MAIOR	☐

3. DURAÇÃO DA PESQUISA : 18 MESES

FACULDADE DE MEDICINA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Essas informações estão sendo fornecidas para sua participação voluntária neste estudo, que visa avaliar o seu desempenho em 4 testes funcionais de saltos, bem como avaliar o equilíbrio postural em uma plataforma de força (equipamento metálico fixado ao chão). Essas duas situações experimentais serão realizadas em dois dias, sendo que outro dia você realizará um exercício de no aparelho isocinético (equipamento de força).

Previamente a este aparelho, você será submetido a um exercício de aquecimento em esteira ergométrica durante 5 minutos numa velocidade de 6Km/h e orientado quanto à realização do mesmo. Para a primeira avaliação você será posicionado em cima da plataforma e será orientado a permanecer em pé com os dois pés apoiados, olhando para um ponto fixo a frente. Você realizará três tentativas com os dois pés apoiados de olhos abertos e três de olhos fechados. Em seguida, ainda sobre a plataforma de força você permanecerá em um pé só realizando três tentativas com cada perna. Entre uma tentativa e outra há um intervalo de 30 segundos. Após essa primeira avaliação, você terá um intervalo de 5 minutos para em seguida realizar os quatro testes funcionais. Um teste consiste em realizar saltos consecutivos entre dois cones posicionados na distância de 5 metros. Outro teste haverá uma linha no chão com 6 metros de comprimento e você realizará saltos em um pé só alternados de um lado e outro da fita. Outro teste serão posicionadas duas fitas paralelas com a distância de 30 cm e você será instruído a realizar 10 saltos laterais. E no outro teste haverá o desenho de um quadrado no chão, sendo que você realizará saltos dentro e fora do quadrado, sempre olhando para frente. Todos os testes você realizara três tentativas com cada perna, com intervalo de descanso de 30 segundos e 1 minuto entre os testes.

Esses procedimentos oferecem o mínimo desconforto e risco de dano à sua saúde. No entanto, se houver, você terá disponibilidade de assistência no Laboratório de Estudos do Movimento do HCFMUSP. Não há benefício direto devido à sua participação no estudo. Em qualquer etapa do estudo, você terá acesso aos profissionais responsáveis pela pesquisa para esclarecimento de eventuais dúvidas. A investigadora responsável é a Dra. Júlia Maria D'Andréa Greve que pode ser encontrada no endereço Rua Dr. Ovídio Pires de Campos, 333 / 2º. Andar / Laboratório do Estudo do Movimento / Cerqueira César / São Paulo – SP, CEP 05403 - 000, telefone (11) 3069-6041. Se você tiver alguma consideração ou dúvida sobre a ética da pesquisa, entre em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) –Av. Dr. Arnaldo, 455 – Instituto Oscar Freire – 2º andar– tel: 3061-8004, FAX: 3061-8004– E-mail: cep.fm@usp.br

É garantida a sua liberdade de retirada de consentimento a qualquer momento e desistência da participação do estudo. Será garantida a confidencialidade, sigilo e privacidade do seu nome e você terá acesso aos resultados parciais da pesquisa sempre que houver interesse.

Não haverá despesas pessoais para você em qualquer fase do estudo e também não haverá nenhuma forma de pagamento relacionada à sua participação. Os resultados dessa pesquisa serão utilizados somente para publicação científica.

Acredito ter sido suficientemente informado a respeito das informações que li ou que foram lidas para mim, descrevendo o estudo: Testes funcionais de tornozelo e pé e a relação com o controle postural e a fadiga da musculatura inversora e eversora.

Eu discuti com os pesquisadores responsáveis e executante da pesquisa sobre a minha decisão em participar nesse estudo. Ficaram claros para mim quais são os propósitos do estudo, os procedimentos a serem realizados, seus desconfortos, seus riscos, as garantias de confidencialidade e de esclarecimentos permanentes. Ficou claro também que minha participação é isenta de despesas e que tenho garantia do acesso a tratamento hospitalar quando necessário. Concordo voluntariamente em participar deste estudo e poderei retirar o meu consentimento a qualquer momento, antes ou durante o mesmo, sem penalidades ou prejuízo ou perda de qualquer benefício que eu possa ter adquirido, ou no meu atendimento neste Serviço.

Assinatura do paciente/representante legal Data / /

Assinatura da testemunha _____ Data / /

para casos de pacientes menores de 18 anos, analfabetos, semi-analfabetos ou portadores de deficiência auditiva ou visual.

(Somente para o responsável do projeto)

Declaro que obtive de forma apropriada e voluntária o Consentimento Livre e Esclarecido deste paciente ou representante legal para a participação neste estudo.

Assinatura do responsável pelo estudo Data / /

Anexo C - Ficha de Avaliação

Identificação

Data da Avaliação: ____/____/_____
Número da avaliação: _____

Nome: _____
Data de Nascimento: ____/____/_____
_____anos
Idade: _____
Profissão: _____ Dominância mmii: () D () E

Anamnese:

1.Realiza atividade física: () Sim () Não

Modalidade: _____

Tempo de prática: _____ Freqüência: ____ dias/semana _____ horas/dia

2.Praticou outro esporte anteriormente com regularidade (mínimo 2x/sem 1h/dia)?

Qual? _____ Por quanto tempo? _____

3.Já ocorreram lesões no MMII durante a prática de atividade física nos últimos 6 meses que o afastou da participação no esporte por 24 ou mais horas consecutivas?

() não () sim

4.Realizou alguma cirurgia: () Sim () Não

Exame físico:

Peso: _____Kg Altura: _____cm

8. REFERÊNCIAS

Arnold BL, De La Motte, S, Linens S, Ross SE. Ankle instability is associated with balance impairments: a meta-analysis. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 2009;41:1048–1062.

Augustsson J, Thomeé R, Lindén C, Folkesson M, Tranberg R, Karlsson J. Single-leg hop testing following fatiguing exercise: reliability and biomechanical analysis. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*. 2006;16(2):111-120.

Barry BK, Enoka R. The neurobiology of muscle fatigue: 15 years later. *Investigative and Comparative Biology*. 2007;47:465–473.

Bisson EJ, Lajoie Y, Bilodeau M. The influence of age and surface compliance on changes in postural control and attention due to ankle neuromuscular fatigue. *Experimental Brain Research*. 2013;232(3):837-45.

Bonfim TR, Grossi DB, Paccola CA, Barela JA. Additional sensory information reduces body sway of individuals with anterior cruciate ligament injury. *Neuroscience Letter*. 2008, 29;441(3):257-60.

Borreani S, Calatayud J, Martin J, Colado JC, Tella V, Behm D. Exercise intensity progression for exercises performed on unstable and stable platforms based on ankle muscle activation. *Gait Posture*. 2014;39(1):404-9.

Bosquet L, Maquet D, Forthomme B, Nowak N, Lehance C, Croisier JL. Effect of the lengthening of the protocol on the reliability of muscle fatigue indicators. *International Journal of Sports Medicine*. 2010;31(2):82-8.

Brech GC, Plapler PG, de Souza Meirelles E, Marcolino FM, Greve JM. Evaluation of the association between osteoporosis and postural balance in postmenopausal women. *Gait Posture*. 2013 Jun;38(2):321-5.

Brumitt J, Heiderscheit BC, Manske RC, Niemuth PE, Rauh MJ. Lower extremity functional tests and risk of injury in division iii collegiate athletes. *International Journal of Sports Medicine*. 2013;8(3):216-27.

Caffrey E, Docherty CL, Schrader J, Klossner J. The ability of 4 single-limb hopping tests to detect functional performance deficits in individuals with functional ankle instability. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. 2009;39(11):799-806.

Casale R, Rainoldi A. Fatigue and fibromyalgia syndrome: clinical and neurophysiologic pattern. *Best Practice Research Clinics of Rheumatology*. 2011;25(2):241-7.

Clark RA, Bryant AL, Pua Y, McCrory P, Bennell K, Hunt M. Validity and reliability of the Nintendo Wii Balance Board for assessment of standing balance. *Gait Posture* 2010;31(3):307–10.

Clover J, Wall J. Return-to-play criteria following sports injury. *Clinics in Sports Medicine*. 2010;29(1):169-75

Demeritt KM, Shultz SJ, Docherty CL, et al. CAI does not affect lower extremity functional performance. *Journal of Athletic Training*. 2002;37:507–511.

Docherty CL, Arnold BL, Gansneder BM, Hurwitz S, Gieck J. Functional-Performance Deficits in Volunteers With Functional Ankle Instability. *Journal of Athletic Training*. 2005;40(1):30-34.

Eechaute C, Vaes P, Duquet W. Functional performance deficits in patients with CAI: validity of the multiple hop test. *Clinical Journal of Sports Medicine*. 2008;18(2):124-9.

Ekstrand J, Hagglund M, Walden M. Injury incidence and injury patterns in professional football: the UEFA injury study. *British Journal of Sports Medicine*. 2011;45(7):553–558.

Fong, DT, Hong Y, Chan, LK, Yung, PS, Chan, KM. A systematic review on ankle injury and ankle sprain in sports. *Sports Medicine*. 2007;37:73-94.

Foran B. *High Performance Sports Conditioning*. Champagne, IL: Human Kinetics. 2001.

Forestier N, Teasdale N, Nougier V. Alteration of the position sense at the ankle induced by muscular fatigue in humans. *Medicine in Science Sports & Exercise*. 2002;34(1):117-22.

Gimmon Y, Riemer R, Oddsson L, Melzer I. The effect of plantar flexor muscle fatigue on postural control. *J Electromyography Kinesiology*. 2011;1(6):922-8.

Gribble PA, Hertel J. Effect of lower-extremity muscle fatigue on postural control. *Archive of Physical Medicine Rehabilitation*. 2004;85:589–592.

Gustavsson A, Neeter C, Thomeé P, Silbernagel KG, Augustsson J, Thomeé R, Karlsson J A test battery for evaluating hop performance in patients with an ACL injury and patients who have undergone ACL reconstruction. *Knee Surgery Sports Traumatology Arthroscopy*. 2006;14(8):778-88.

Hamilton RT, Shultz SJ, Schmitz RJ, Perrin DH. Triple-hop distance as a valid predictor of lower limb strength and power. *Journal of Athletic Training*. 2008;43(2):144-51.

Harkins KM, Mattacola CG, Uhl TL, Malone TR, McCrory JL. Effects of 2 ankle fatigue models on the duration of postural stability dysfunction. *Journal of Athletic Training*. 2005;40(3):191-4.

Howells BE, Ardern CL, Webster KE. Is postural control restored following anterior cruciate ligament reconstruction? A systematic review. *Knee Surgery Sports Traumatology Arthroscopy*. 2011;19:1168–1177.

Huston JL, Sandrey MA, Lively MW, Kotsko K. The Effects of Calf-Muscle Fatigue on Sagittal-Plane Joint-Position Sense in the Ankle. *Journal of Sports Rehabilitation*. 2005;14(2):168-184.

- Karlsso A, Frykberg G. Correlations between force plate measures for assessment of balance. *Clinical Biomechanics* (Bristol, Avon). 2000;15(5):365-9.
- Kellis E, Liassou C. The effect of selective muscle fatigue on sagittal lower limb kinematics and muscle activity during level running. *Journal of Orthopedic & Sports Physical Therapy*. 2009;39(3):210-20.
- Lee AJY, Lin WH. The influence of gender and somatotype on single-leg upright standing postural stability in children. *Journal of Applied Biomechanics*. 2007;23:173-179.
- Lin WH, Liu YF, Hsieh CC, Lee AJ. Ankle eversion to inversion strength ratio and static balance control in the dominant and non-dominant limbs of young adults. *Journal of Science Medical Sport*. 2008;12(1):42-9.
- Linens SW, Ross SE, Arnold BL, Gayle R, Pidcoe P Postural-stability tests that identify individuals with chronic ankle instability. *Journal of Athletic Training*. 2014;49(1):15-23.
- Mohammadi F, Roozdar A. Effects of fatigue due to contraction of evertor muscles on the ankle joint position sense in male soccer players. *American Journal of Sports Medicine*. 2010;38(4):824-8.
- Muehlbauer T, Roth R, Mueller S, Granacher U. Intra and intersession reliability of balance measures during one-leg standing in young adults. *Journal of Strength & Conditioning Research*. 2011;25(8):2228-34.
- Munn J, Beard D, Refshauge K. Do functional performance tests detect impairments in subjects with ankle instability? *Journal of Sport Rehabilitation*. 2002;11:40–50.
- Munn J, Sullivan SJ, Schneiders AG. Evidence of sensorimotor deficits in functional ankle instability: a systematic review with meta-analysis. *Journal of Science Medical Sport*. 2010;13(1):2-12.
- Ostenberg A, Roos H. Injury risk factors in female European football. A prospective study of 123 players during one season. *Scandinavian Journal of Medicine Science Sports*. 2000;10(5):279-85.
- Paillard T. Effects of general and local fatigue on postural control: a review. *Neuroscience Biobehavioral Reviews*. 2012;36:162–176.
- Pincivero DM, Gandaio CM, Ito Y. Gender-specific knee extensor torque, flexor torque, and muscle fatigue responses during maximal effort contractions. *European Journal Applied Physiology*. 2003;89:134-41.
- Proske U, Wise AK, Gregory JE. The role of muscle receptors in the detection of movements. *Progress in Neurobiology*. 2000;60:85-96.
- Reimer RC 3rd, Wikstrom EA. Functional fatigue of the hip and ankle musculature cause similar alterations in single leg stance postural control. *Journal of Science Medical Sport*. 2010;13(1):161-6.
- Riemann B, Myers J, Lephart S. Comparison of the ankle, knee, hip and trunk corrective action shown during single-leg stance on firm, foam and multi-axial surfaces. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2003;84:90-95.

- Salavati M, Moghadam M, Ebrahimi I, Arab AM. Changes in postural stability with fatigue of lower extremity frontal and sagittal plane movers. *Gait Posture*. 2007;26:214–218.
- Sasagawa S, Ushiyama J, Masani K, Kouzaki M, Kanehisa H. Balance control under different passive contributions of the ankle extensors: quiet standing on inclined surfaces. *Experimental Brain Research*. 2009;196(4):537–44.
- Sekir U, Yildiz Y, Hazneci B, Ors F, Aydin T. Effect of isokinetic training on strength, functionality and proprioception in athletes with functional ankle instability. *Knee Surgery Sports Traumatology Arthroscopy*. 2007;15(5):654–64.
- Sharma N, Sharma A, Singh Sandhu J. Functional performance testing in athletes with functional ankle instability. *Asian Journal of Sports Medicine*. 2011;2(4):249–58.
- Simoneau E, Martin A, Van Hoecke J. Muscular performances at the ankle joint in young and elderly men. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*. 2005;60:439–447.
- Swanenburg J, de Bruin ED, Favero K, Uebelhart D, Mulder T. The reliability of postural balance measures in single and dual tasking in elderly fallers and non-fallers. *BMC Musculoskeletal Disorders*. 2008;9:162–164.
- Van Cingel RE, Kleinrensink G, Uitterlinden EJ, Rooijens PP, Mulder PG, Aufdemkampe G, Stoeckart R. Repeated ankle sprains and delayed neuromuscular response: acceleration time parameters. *Journal of Orthopedics & Sports Physical Therapy*. 2006;36:72–9.
- Wang Y, Asaka T, Zatsiorsky VM, Latash ML. Muscle synergies during voluntary body sway: combining across-trials and within-a-trial analyses. *Experimental Brain Research*. 2006;174(4):679–93.
- Willems T, Witvrouw E, Verstuyft J, Vaes P, De Clercq D. Proprioception and muscle strength in subjects with a history of ankle sprains and chronic instability. *Journal of Athletic Training*. 2002;37:487–493.
- Willems TM, Witvrouw E, Delbaere K, Mahieu N, De Bourdeaudhuij I, De Clercq D. Intrinsic risk factors for inversion ankle sprains in male subjects: a prospective study. *American Journal of Sports Medicine*. 2005;33(3):415–23.
- Xergia SA, Pappas E, Zampeli F, Georgiou S, Georgoulis AD. Asymmetries in functional hop tests, lower extremity kinematics, and isokinetic strength persist 6 to 9 months following anterior cruciate ligament reconstruction. *Journal of Orthopedics & Sports Physical Therapy*. 2013;43(3):154–62.
- Yaggie JA, McGregor SJ. Effects of isokinetic ankle fatigue on the maintenance of balance and postural limits. *Archives of Physical Medicine Rehabilitation*. 2002;83:224–228.
- Yoshida M, Taniguchi K, Katayose M. Analysis of muscle activity and ankle joint movement during the side-hop test. *Journal of Strength & Conditioning Research*. 2011;25(8):2255–64.