



**UNIVERSIDADE METODISTA DE PIRACICABA
FACULDADE DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO FÍSICA**

BRÁULIO NASCIMENTO LIMA

**EFEITO AGUDO DE UMA SESSÃO DE ALONGAMENTO UNILATERAL NO
CONTROLE POSTURAL UNIPODAL DO MEMBRO IPSILATERAL E
CONTRALATERAL EM SUJEITOS NÃO TREINADOS**

PIRACICABA

2013

**EFEITO AGUDO DE UMA SESSÃO DE ALONGAMENTO UNILATERAL NO
CONTROLE POSTURAL UNIPODAL DO MEMBRO IPSILATERAL E
CONTRALATERAL EM SUJEITOS NÃO TREINADOS**

BRÁULIO NASCIMENTO LIMA

Orientador: PROF. DR. PAULO HENRIQUE MARCHETTI

Dissertação apresentada à banca examinadora do programa de Pós-graduação em Educação Física da UNIMEP, como exigência para obtenção do título de Mestre em Educação Física.

PIRACICABA

2013

Ficha Catalográfica elaborada pelo Sistema de Bibliotecas da UNIMEP.

Bibliotecária: Luciene Cristina Correa Ferreira CRB-8/ 8235

Lima, Bráulio Nascimento.

L732e Efeito agudo de uma sessão de alongamento unilateral no controle postural unipodal do membro ipsilateral e contralateral em sujeitos não treinados. / Bráulio Nascimento Lima. – Piracicaba, SP: [s.n.], 2013. 43f. ; il.

Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Ciências da Saúde / Programa de Pós-Graduação em Educação Física - Universidade Metodista de Piracicaba
Orientador: Dr. Paulo Henrique Marchetti

1. Equilíbrio. 2. Estabilidade. 3. Flexibilidade. I. Marchetti, Paulo Henrique. II. Universidade Metodista de Piracicaba. III. Título.

CDU 796.4

BRÁULIO NASCIMENTO LIMA

**EFEITO AGUDO DE UMA SESSÃO DE ALONGAMENTO UNILATERAL NO
CONTROLE POSTURAL UNIPODAL DO MEMBRO IPSILATERAL E
CONTRALATERAL EM SUJEITOS NÃO TREINADOS**

Dissertação apresentada à banca examinadora do Programa de Pós-graduação em Educação Física da UNIMEP, como exigência para obtenção do título de Mestre em Educação Física.

Aprovado pela Banca Examinadora em

Banca Examinadora

Prof. Dr. PAULO HENRIQUE MARCHETTI- UNIMEP

Orientador

Prof. Dr. PAULO R. LUCARELI - UNINOVE

Prof. Dr. CHARLES RICARDO LOPES - UNIMEP

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, pois tudo que tenho é abençoado. Ele guia meus passos e eu tenho fé.

Agradeço aos meus pais que sempre me deram o apoio necessário para alcançar meus objetivos. Pelos ensinamentos, pelo exemplo de vida e pela força inesgotável. Por sempre fazer o que é certo acima de tudo.

Agradeço ao Professor Dr. Paulo H. Marchetti, por ter contribuído em minha formação, sendo meu orientador. Tenho profunda admiração pelo seu trabalho, sendo este o grande motivo de ter escolhido a Universidade Metodista de Piracicaba.

Agradeço aos professores que fizeram parte de toda minha jornada de vida.

Agradeço a todos que de alguma forma contribuíram para que eu pudesse alcançar meus objetivos, seja apoiando, torcendo, motivando, rezando ou simplesmente por perto.

Agradeço a Roberta Freitas Garcia por estar do meu lado me ajudando e compartilhando esse momento especial da minha vida.

Ao meu irmão, pessoa que mais amo nesse mundo.

RESUMO: Diversos estudos apontam os efeitos agudos deletérios do alongamento na performance de atividades de força e potência. Tais efeitos podem ser atribuídos a alterações em diversos sistemas biológicos, como o tecidual e neurofisiológico. O controle da postura em pé é uma tarefa fundamental, baseada em complexa integração dos sistemas neuromusculares, vestibulares, visuais, somatossensorial. Portanto, os efeitos do alongamento poderiam influenciar as respostas aferentes, eferentes e mecânicas do tecido biológico, podendo afetar o controle postural por modificações na estabilidade das articulações ou redução da propriocepção. **Objetivo:** investigar os efeitos agudos do alongamento passivo dos flexores plantares, unilateral, na atividade muscular do gastrocnêmio lateral (GL) e controle postural durante uma tarefa de manutenção da postura quieta unipodal. **Casuística:** Quatorze indivíduos saudáveis e não treinados, jovens realizaram a tarefa de manutenção da postura quieta unipodal sobre uma plataforma de força. Foram realizadas 3 tentativas de 30s antes e depois de um protocolo de alongamento passivo unilateral para os flexores plantares (6 séries de 45s/15s, 70-90% da sensação subjetiva de desconforto), após o protocolo apenas o membro alongado realizou mais duas tentativas 10' e 20' após o protocolo. A amplitude de movimento (ADM) foi avaliada antes e após o protocolo de alongamento por meio de um flexímetro. Foram analisadas as seguintes variáveis do centro de pressão (COP): área, velocidade (nas direções médio-lateral [m-l] e ântero-posterior [a-p]) e frequência (a-p e m-l). O sinal EMG foi integrado (IEMG) para descrever a atividade muscular do GL durante todo o tempo da tarefa. **Resultados:** O experimento identificou diferenças estatisticamente significantes apenas entre pré e imediatamente após-alongamento para o membro alongado na área elíptica do COP ($P=0,015$, $TE=2,38$, $\Delta\%=23,5$) e IEMG ($P=0,036$, $TE=5,8$, $\Delta\%=25,9$). Houve diferença entre membros apenas na condição imediatamente após-alongamento ($P=0,043$, $TE=9,5$, $\Delta\%=39,8$). Não houve diferenças entre as demais condições. **Conclusão:** O alongamento passivo unilateral afetou significativamente a tarefa de controle postural unipodal apenas na condição imediatamente após o protocolo e somente para o membro alongado. Os aumentos na área do COP e na IEMG do gastrocnêmio lateral parecem estar relacionados, visando à estabilização da articulação do tornozelo, além disto, tais modificações se apresentaram temporárias (dentro de 10') e podem ser explicadas por alterações mecânico-sensoriais.

Palavras-chave: Equilíbrio, estabilidade, flexibilidade.

ABSTRACT: Several studies have shown the acute deleterious effects of stretching in the performance of activities as strength and power. Such effects can be attributed to changes in several biological systems, such as neuronal, mechanical, metabolic or structural aspects. . The control of quiet standing posture is a fundamental task, based on complex integration of neuromuscular, vestibular, visual, and somatosensorial systems. Therefore, the effects of stretching could influence the afferent, efferent and mechanical answers of the biological tissue, affecting the postural control by changing the joint stability or by reducing the proprioception.

Objective: To investigate the acute effects of passive stretching on plantar flexors, unilateral in muscle activity of lateral gastrocnemius and postural control during a unipodal quiet standing tasks. **Methods:** Fourteen healthy and non-trained young individuals performed the tasks of maintaining a quiet unipodal standing posture on a force platform. Three trials were performed during 30s, before and after a unilateral passive stretching protocol, for the ankle joint (6 sets of 45s/15s series, 70-90% of the discomfort subjective scale), after the protocol only the stretched limb performed two more trials after 10 'and 20'. The passive range of motion (ROM) was evaluated before and after the stretching protocol by a fleximeter. We analyzed the following variables of the center of pressure (COP): area, speed (medio-lateral [m-l] and antero-posterior [a-p] directions) and frequency (ap and ml). Additionally, the EMG signal was integrated (IEMG) to describe the lateral gastrocnemius muscle activity throughout the tasks. **Results:** The study identified statistically significant differences between pre and immediately after stretching protocol only to the stretched limb in the COP area ($P=0.015$, $TE=2.38$, $\Delta\%=23.5$) and IEMG ($P=0.036$, $TE=5.8$, $\Delta\%=25.9$). There were differences between members only on condition immediately after stretching protocol ($P=0.043$, $TE=9.5$, $\Delta\%=39.8$). **Conclusion:** The passive stretching affected the ROM and the unipodal quiet standing postural control only to the stretched limb and to immediately after condition. The increases in the COP area and the IEMG seem to be related aiming the stabilization of the ankle joint, such modifications were temporary (within 10 ') and can be explained by mechanical-sensory changes.

Keywords: Balance, stability, flexibility.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Postura ereta quieta unipodal sobre plataforma de força (representada pelas linhas tracejadas)..... p.23
- Figura 2.** Diagrama esquemático do procedimento experimental. Legenda: DOM (membro inferior dominante), NDOM (membro inferior não dominante), ADM (amplitude de movimento)..... p.24
- Figura 3.** Local de inserção do eletrodo de eletromiografia superficial no músculo gastrocnêmio lateral em ambos os membros inferiores..... p.25
- Figura 4.** Posicionamento adotado para a realização do alongamento..... p.26
- Figura 5.** Gráfico representativo do deslocamento do COP nas direções ântero-posterior e médio-lateral da tarefa unipodal..... p.27
- Figura 6.** Gráfico representativo da área do COP e calculo da elipse para a tarefa unipodal..... p.27
- Figura 7.** Gráfico representativo do deslocamento do COP na direção ântero-posterior e eletromiografia do musculo gastrocnêmio lateral integrados durante da tarefa unipodal..... p.28
- Figura 8.** Gráfico representativo da atividade eletromiográfica do gastrocnêmio lateral integrados e espectro de potencia durante tarefa unipodal..... p.29
- Figura 9.** Média e desvio padrão da área do COP para os membros alongado e não alongado nas condições pré e pós-alongamento. * $P < 0,05$ p.30

Figura 10. Média e desvio padrão da velocidade do COP (a) ântero-posterior e (b) médio-lateral para os membros alongado e não alongado nas condições pré e pós-alongamento..... p.31

Figura 11. Média e desvio padrão da frequência do COP (a) ântero-posterior e (b) médio-lateral para os membros alongado e não alongado nas condições pré e pós-alongamento..... p.31

Figura 12. Média e desvio padrão da atividade mioelétrica do gastrocnêmio lateral (a) IEMG e (b) frequência mediana para o membro alongado e não alongado nas condições pré e pós-alongamento.*Diferença significativa entre as condições pré e pós-alongamento, $P<0,05$. +Diferença significativa entre membros inferiores para a mesma condição, $P<0,05$ p.32

LISTA DE ABREVIATURAS

SNC.....	Sistema Nervoso Central
sEMG.....	Eletromiografia Superficial
Gl.....	Gastrocnêmio Lateral
CVMI.....	Contração Voluntária Máxima Isométrica
EMG.....	Eletromiografia
DOM.....	Membro Dominante
NDOM.....	Membro Não Dominante
ADM.....	Amplitude de Movimento
PSD.....	Escala Subjetiva de Desconforto
a-p.....	Antero-posterior
m-l.....	Médio-lateral
COP.....	Centro de Pressão
RMS.....	Root-mean Square (Média Quadrática)
IEMG.....	Eletromiografia Integrada
FFT.....	Transformada Rápida de Fourier
FMed.....	Frequência mediana
DP.....	Desvio Padrão
TE.....	Tamanho do Efeito

LISTA DE SÍMBOLOS

% - percentual

DP – desvio padrão

cm – centímetros

Σ - significa a somatória

F – forças

Kg – quilogramas

n – número de sujeitos

s – segundos

m – metros

' – minutos

" – segundos

Hz – hertz

x – multiplicação

/ - divisão

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	8
LISTA DE ABREVIATURAS	10
LISTA DE SÍMBOLOS	11
1 INTRODUÇÃO.....	13
2 OBJETIVO.....	14
OBJETIVO GERAL:	14
OBJETIVOS ESPECÍFICOS:.....	15
3 JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA	15
4 REVISÃO DE LITERATURA	15
4.1 Bases do Controle Postural	16
4.1.1 Definição de Controle Postural	16
4.1.2 Participação dos Sistemas Sensoriais no controle postural	17
4.1.3 Efeito do Treino Sobre o Controle Postural	19
4.2 Efeitos do Alongamento no Controle Postural.....	19
5 CASUÍSTICA	21
5.1 PARTICIPANTES	21
5.2 CRITÉRIOS DE EXCLUSÃO.....	22
5.3 PROCEDIMENTOS	22
5.4 ANÁLISE DOS DADOS	26
5.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA	29
6. RESULTADOS.....	30
7. DISCUSSÃO.....	32
8. CONCLUSÃO	37
ANEXO I. TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO	41
ANEXO II. CERTIFICADO DE APROVAÇÃO DO COMITÊ DE ÉTICA.....	43

1 INTRODUÇÃO

Programas de exercícios frequentemente incluem força, flexibilidade e mais recentemente o equilíbrio (funcional), os quais podem ser considerados fundamentais para uma boa condição física e de qualidade de vida em sujeitos saudáveis, fazendo parte também, de programas de treinamento físico para atletas e praticantes de atividade física (Rubini, Costa et al. 2007).

É prática comum entre atletas, técnicos ou praticantes de atividade física recreacionais utilizar o alongamento como forma de aquecimento, ou antes, de atividades de força ou equilíbrio. O treinamento de flexibilidade possui efeitos neurofisiológicos, hormonais, celulares e mecânicos que podem influenciar as respostas do tecido biológico em diversas atividades subsequentes como de potência, força e controle postural, afetando o desempenho físico ou a prevalência de lesões (Behm, Buttom et al. 2001; Avela, Finni et al. 2004; Behm, Bambury et al. 2004; Shrier 2004; Thacker, Gilchrist et al. 2004; Behm and Kibele 2007; Rubini, Costa et al. 2007; Behm and Chaouachi 2011; Pacheco, Balius et al. 2011).

As modificações no desempenho físico podem estar relacionadas, principalmente, as alterações no torque muscular produzido pelo alongamento, o qual modifica a relação força-comprimento, influenciando os padrões de ativação neural dependendo do estresse imposto ao tecido biológico do complexo músculo-tendíneo. Tais mecanismos afetam diferentes níveis do sistema nervoso podendo influenciar no feedback proprioceptivo e conseqüentemente a ativação muscular (Avela, Finni et al. 2004).

Diferentes tarefas precedidas pelo alongamento podem sofrer modificações em sua performance ou coordenação em função das alterações teciduais e neurofisiológicas ocorridas durante a prática do alongamento. Tarefas como o controle do equilíbrio possui caráter funcional desde a manutenção da postura ereta quanto em condições de ultrapassagem de obstáculos, deslocamento e até mesmo na caminhada e corrida (Rubini, Costa et al. 2007), sendo essenciais tanto em atividades diárias quanto esportivas, e conseqüentemente podem ser afetadas pelo alongamento prévio.

O equilíbrio é o processo de manutenção da posição do centro de gravidade vertical dentro da base de suporte e depende do feedback visual, vestibular e somatossensitivo, executando, desta forma, um movimento coordenado (Winter 1995; Hrysomallis 2011). O fuso muscular das fibras intrafusais, órgão tendinoso de golgi e receptores sensoriais III e receptores sensoriais IV auxiliam na manutenção do equilíbrio e detecção da posição do corpo no espaço

(propriocepção). Equilíbrio também envolve respostas moduladas pela musculatura de tronco e membros inferiores, com o sistema nervoso central (SNC) realizando ajustes posturais antecipatórios quando ocorrem perturbações. Em condições de alta instabilidade o SNC pode suprimir ajustes antecipatórios, respostas musculares de tronco e membros inferiores, a desafios posturais predominantes. Os efeitos do alongamento podem afetar as respostas aferentes (propriocepção) do membro inferior e, ou as respostas mecânicas teciduais influenciando a estabilidade em determinada tarefa (Avela, Finni et al. 2004; Behm, Bambury et al. 2004) como observado no estudo de Behm et al. (2004) que verificou o efeito do alongamento no equilíbrio e mostrou efeitos deletérios no controle postural após protocolo de alongamento. Com base no estudo citado no parágrafo anterior, considera-se que o alongamento pode afetar tanto os componentes teciduais quanto os neurais, alterando o desempenho, portanto é possível supor que as alterações neurais, que podem ser centrais ou periféricas, podem influenciar o membro inferior ipsilateral e contralateral ao membro alongado (possível efeito de educação cruzada), como no experimento desenvolvido por Kidgell e Pearce (Kidgell and Pearce 2011) onde foi encontrado efeito de educação cruzada em tarefas de força. Os estímulos aplicados em um membro afetam o membro contralateral alterando o seu desempenho, por meio de adaptações que são consideradas eminentemente neurais em função da dependência entre hemisférios cerebrais (Kidgell e Pearce, 2011). Possivelmente, as modificações ocorridas pelo alongamento, que afetam os componentes neurais, também podem influenciar o controle dos movimentos subsequentes como o equilíbrio. Entretanto, não foram encontrados estudos na literatura que suportem diretamente esta suposição em um possível efeito de educação cruzada.

Portanto, observa-se que a literatura científica é limitada quanto aos efeitos agudos do alongamento unilateral no membro ipsi e contralateral em relação ao controle postural.

2 OBJETIVO

OBJETIVO GERAL:

Verificar o efeito agudo de uma sessão de alongamento unilateral de tornozelo sobre o controle postural unipodal do membro ipsilateral e contralateral em sujeitos não treinados.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

Mensurar e comparar o efeito agudo de uma sessão de alongamento unilateral na ação muscular do gastrocnêmio lateral e estabilograma do membro ipsilateral e contralateral durante tarefa unipodal de equilíbrio estático em sujeitos não treinados.

Verificar os efeitos de uma sessão de alongamento unilateral na tarefa de equilíbrio após 10 e 20 minutos do protocolo de alongamento.

3 JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA

Baseado na literatura atual sabe-se que o alongamento agudo gera efeitos de alteração do desempenho em diversas tarefas de potência como saltos e exercícios de força, entretanto pouco se conhece sobre seus efeitos em condições unilaterais, no membro ipsi e contralateral, induzido por modificações neurais tanto periféricas quanto centrais (modificação da propriocepção que poderiam afetar o controle motor) em tarefas estáticas como o controle do equilíbrio. Desta forma, o entendimento dos efeitos agudos do alongamento unilateral em tarefa estática é fundamental para o entendimento de como o sistema neuromuscular se comporta e se adapta, além do conhecimento sobre os efeitos contralaterais e temporais no controle postural.

4 REVISÃO DE LITERATURA

Atualmente, o alongamento vem sendo amplamente utilizado como preparação para a atividade seguinte, sendo muito indicada por médicos e preparadores físicos com o intuito de melhorar performance, porém os estudos atuais sobre o assunto não apontam nessa direção. Para Shrider (2004) o alongamento diminui a performance em atividades de salto, força e velocidade. A literatura não apresenta dados conclusivos quanto aos efeitos do alongamento na prevenção de lesões quando este antecede as atividades como forma de aquecimento (Avela, Finni *et al.*, 2004; Behm e Chaouachi, 2011).

O controle postural é um importante fator para a diminuição do risco de queda, pois trata-se de um sistema que evita falhas durante atividades estáticas e dinâmicas (Clifton, Harrison *et al.* 2013). Desta forma, a performance, quanto ao controle postural, pode ser diretamente afetada pela nova condição visco-elástica imposta pelo efeito agudo do alongamento, quando o mesmo antecede a tarefa de equilíbrio (Behm, Bambury *et al.* 2004).

4.1 Bases do Controle Postural

Os estudos envolvendo controle postural têm fundamental importância para melhor entender o comportamento do equilíbrio em inúmeras situações. Dentre estas situações está à busca por estratégias e tipos de respostas biológicas visando reduzir o risco de queda, envolvendo a terceira idade, e assim aumentando a independência funcional desses indivíduos. O desenvolvimento de atividades de equilíbrio também tem demonstrado grande importância para a melhoria da performance de atletas de alto rendimento e/ou atletas recreacionais, assim como afetam também indivíduos sedentários em suas atividades cotidianas como deslocamentos e postura das atividades do dia-dia (Guskiewicz and Perrin 1996; Taube, Gruber et al. 2008).

4.1.1 Definição de Controle Postural

Para alcançar uma maneira de descrever o conceito de controle postural, primeiramente deve-se entender sobre postura e conseqüentemente sobre equilíbrio, pois a postura é a forma equilibrada de executar determinada tarefa mantendo controle e coordenação dos segmentos corporais e o equilíbrio, sendo relacionada à dinâmica da postura do corpo para evitar falhas, ou seja, o conjunto de reflexos que desencadeiam respostas de controle da manutenção dos segmentos e da posição (Barela 2000; Horak 2006; Jancova 2008). Ao observar o conceito de postura, intimamente ligada ao de equilíbrio, conclui-se que o conceito de melhor controle postural está ligado a uma condição de menor oscilação corporal durante uma atividade, ou seja, é considerada uma habilidade motora complexa derivada da interação de múltiplos processos sensoriais (Horak 2006; Jancova 2008).

As leis Newtonianas preconizam o equilíbrio como a resultante nula de todas as forças envolvidas no sistema analisado, podendo haver tanto ausência de movimento (estático), quanto movimento constante (dinâmico), ou seja, a somatória das forças verticais, horizontais e de torque deve ser igual à zero para haver equilíbrio (Hall 2009).

Identificar o controle postural exige o entendimento sobre noções físicas que descrevem a postura do ser humano na posição em pé como um pêndulo invertido, que gera um ponto de reação das forças do centro de massa do corpo na superfície do solo durante a atividade, esse ponto onde se concentram as forças de reação é conhecido como centro de pressão (Jancova 2008). O entendimento sobre o comportamento do centro de pressão conduz a uma forma de aferição do controle postural durante a atividade (Jancova 2008). O controle postural aferido a partir do centro de pressão em uma plataforma avalia a oscilação a partir do deslocamento nas

direções ântero-posterior e médio-lateral, podendo ser coletadas dessa oscilação outras variáveis como a área, distância e velocidade durante a execução de uma tarefa, sendo assim quanto maior a oscilação do centro de pressão menor o controle postural (Mochizuki and Amadio 2006; Jancova 2008).

Um importante aspecto biomecânico de restrição do equilíbrio em seres humanos é a pequena base suporte existente, os pés. Essa pequena base pode se comparada a um cone invertido necessitando de constantes ajustes para a manutenção da postura, por esse motivo qualquer doença pode causar diminuição de controle postural (Horak 2006).

4.1.2 Participação dos Sistemas Sensoriais no controle postural

A organização do sistema nervoso central divide o processo de manutenção da posição do corpo em equilíbrio em dois componentes onde um seria a “organização sensorial” responsável pela determinação do tempo, direção e amplitude das ações corretivas, e o outro componente seria a “coordenação muscular” que determina ativação da atividade contrátil necessária para a manutenção do equilíbrio (Guskiewicz and Perrin 1996).

A manutenção do controle postural está ligada aos sistemas somatosensorial, vestibular e visual (Guskiewicz and Perrin 1996; Jancova 2008). Nos mamíferos, o controle postural opera normalmente por meio de duas unidades funcionais que correspondem à cabeça e tronco, onde a cabeça tem como base de informações o sistema vestibular e a visão, enquanto o tronco tem como base o sistema somatosensorial, portanto quaisquer perturbações geradas em um desses sistemas geram alterações no controle postural (Guskiewicz and Perrin 1996; Deliagina, Orlovsky et al. 2006; Jancova 2008).

A visão é um importante influenciador do processo de manutenção do equilíbrio, pois ajuda na avaliação do ambiente e nas condições em que o indivíduo se encontra, sendo assim a diminuição da visão conduz a um quadro que afeta o controle postural funcional, sendo a diminuição responsável pelo aumento do risco de queda na terceira idade (Jancova 2008). A visão, assim como a visão periférica ajudam na coleta de informações que corrigem de forma rápida as oscilações do sistema vestibular, por esse motivo é considerado um sistema que contribui de forma importante para a construção de ajustes antecipatórios na promoção do equilíbrio, portanto a ausência ou diminuição da visão aumenta a oscilação do centro de massa e o centro de pressão (Mochizuki and Amadio 2006; Jancova 2008).

O sistema vestibular fornece, através dos otólitos, a referência da posição da cabeça em relação à gravidade. O sensor semicircular também faz parte do sistema vestibular contribuindo com seu alinhamento nos planos sagital, frontal e transversal, contendo fluidos que se movem em resposta ao movimento da cabeça. Os neurônios de ambos os sistemas estão ligados aos neurônios motores da medula espinal que por sua vez ativam músculos responsáveis pela manutenção da postura. O mecanismo de resposta do sistema vestibular a um evento de perturbação do equilíbrio é mais lento se comparado aos mecanismos da visão e do sistema somatosensorial (Mochizuki and Amadio 2006; Jancova 2008).

Segundo Jancova (2008) o sistema somatosensorial acusa quando há algum contato com o corpo e a posição em que o mesmo se encontra, por esse motivo é fundamental para a manutenção do equilíbrio. Os sensores cutâneos são responsáveis por gerar respostas ao meio e contribuem para avaliação de superfícies. Os receptores musculares indicam a posição do corpo e a intensidade da tensão mecânica no músculo e no tendão durante a atividade (Mochizuki and Amadio 2006). No tornozelo além desses indicadores, os sensores cutâneos e receptores musculares também avaliam a condição dos membros em relação ao solo, tipo de superfície e a vibração, gerando respostas rápidas de reação a possíveis perturbações do equilíbrio (Mochizuki and Amadio 2006; Jancova 2008). Os receptores de alterações mecânicas do músculo são chamados de mecanoreceptores, os quais estão presentes nos tendões, músculos, ligamentos e tecidos conectivos das articulações. A maioria dos mecanoreceptores respondem a estímulos e mudanças de condições físicas, gerando alteração no controle postural decorrente da nova condição (Mochizuki and Amadio 2006). Em um ambiente claro o sistema somatosensorial predomina para a manutenção do equilíbrio, porém as mudanças de condições, de ambiente ou de estabilidade do piso, apesar da tendência de maior ativação do sistema somatosensorial, aumentam a necessidade do sistema vestibular atuar, compensando a mudança de situação (Horak 2006).

Cada mecanismo dos sistemas envolvidos tem sua importância, portanto a coordenação destas funções estão ligadas a ajustes antecipatórios e corretivos que mantém o corpo na posição vertical, ou seja, ajustes antecipatórios possuem caráter voluntário, precavendo possível alteração nas condições de equilíbrio, enquanto os ajustes de correção dependem da interação involuntária dos sistemas envolvidos com os neurônios motores (Mochizuki, Cosme et al. 2006). Vale ressaltar que os mecanismos de funcionamento dos sistemas envolvidos, aparentam serem

diferentes quando comparadas atividades de equilíbrio estático com o dinâmico, pois para locomover-se para frente, por exemplo, é preciso gerar um desequilíbrio na referida direção, e posteriormente compensar gerando a locomoção (Horak 2006; Jancova 2008).

Portanto, o controle postural não pode ser considerado simplesmente um conjunto sensorio-motor, pois ele possui respostas muito mais complexas que dependem tanto da complexidade da tarefa postural quanto da capacidade de controle postural do sujeito. Nesse contexto, o equilíbrio postural envolve a coordenação de estratégias de movimento para estabilizar o centro de massa corporal, passando pelos ajustes antecipatórios, antes dos movimentos voluntários, estruturando a manutenção da estabilidade (Horak 2006).

4.1.3 Efeito do Treino de Equilíbrio Sobre o Controle Postural

Para Taube et al. (2008) o treino de equilíbrio é a atividade que visa melhorar o controle sobre oscilações, conseqüentemente melhora o controle postural. Exercícios para treino de equilíbrio podem variar, pois basta utilizar diferentes tipos de dispositivos como placas oscilantes, tapetes macios, almofadas, etc.

Apesar do treino de equilíbrio ser eficiente, pois existe uma rápida adaptação a novos tipos de atividade melhorando o equilíbrio e tendo comprovada atuação na melhoria da performance da força e da habilidade de saltos, não são comprovados os efeitos benéficos posturais (Taube, Gruber et al. 2008). Como o treino de equilíbrio incide diretamente sobre a musculatura estabilizadora tal efeito pode ser extremamente benéfico para a prevenção de quedas em idosos e para o processo de recuperação de pessoas lesionadas (Taube, Gruber et al. 2008).

O estudo realizado por Fox et al. (2008) demonstrou que o controle postural é afetado logo após atividades intensas. No referido estudo os indivíduos foram submetidos a protocolos que geraram fadiga, tanto em atividades aeróbias quanto anaeróbias, havendo, posteriormente, efeito de diminuição do controle postural, analisado em plataforma de força, constatando o aumento da área de oscilação elíptica e aumento da velocidade do centro de pressão por um tempo médio de treze minutos pós-exercícios.

4.2 Efeitos do Alongamento no Controle Postural

É comum a utilização de alongamento em protocolos de treinamento tanto de atletas quanto de praticantes recreacionais com o intuito de melhorar a performance, entretanto,

pesquisas recentes apontam para o efeito induzido pelo alongamento como elemento prejudicial para a performance (Thacker, Gilchrist et al. 2004).

Fowles et al.(Fowles, Sale et al. 2000) desenvolveu um estudo que avaliou o efeito do alongamento antecedendo tarefa de força e constatou a diminuição do sinal eletromiográfico imediatamente após o alongamento passivo, ou seja, houve uma diminuição da ativação muscular. O efeito agudo do alongamento passivo sobre a ativação muscular volta à condição basal após um determinado tempo que varia entre cinco e quinze minutos, após esse tempo a condição pré-alongamento esta praticamente restabelecida, contudo a força ainda se mantém reduzida em relação à condição pré-alongamento revelando um ajuste neural à nova condição visco-elástica (Fowles, Sale et al. 2000).

Cornwell, Nelson et al. (2002) realizaram um estudo para investigar dois possíveis mecanismos que podem ser os principais responsáveis pela mudança de comportamento do tríceps sural após o alongamento, que seriam a alteração na rigidez muscular e a diminuição da velocidade de ativação muscular compensatória, durante a execução de saltos. A rigidez do tecido foi avaliada assim como a ativação muscular através de eletromiografia. No referido estudo houve diminuição significativa da altura do salto contra movimento, porém o autor não atribui tal efeito apenas a pequena, porém significativa, diminuição da rigidez tecidual do músculo gastrocnêmio, esse efeito se soma a diminuição da ativação eletromiográfica. Outro estudo aponta para o fato do alongamento possuir efeito sobre a plasticidade tecidual do músculo diminuindo a sensibilidade das estruturas responsáveis pela identificação da tensão local e, por esse motivo, o canal aferente demora a estimular os fatores independentes que levam aos ajustes corporais, ocorrendo também uma diminuindo da atividade elétrica (Avela, Finni et al. 2004).

A alteração do comportamento muscular que gera diminuição de performance e consequentemente a diminuição do controle postural, está ligado ao efeito deletério do alongamento que incide diretamente sobre o sistema somatosensorial, pois ao afetar a rigidez do músculo, do tendão e do tecido conjuntivo, consequentemente afeta o sistema aferente (Behm, Bambury et al. 2004). O sistema somatosensorial é responsável por respostas rápidas aos ajustes do controle postural, por esse motivo a diminuição da sensibilidade dos proprioceptores também diminuem a velocidade de resposta, e consequentemente aumentam a oscilação do corpo (Cornwell, Nelson et al. 2002; Behm, Bambury et al. 2004). Qualquer tipo de estímulo pode modificar o controle postural.

Na perspectiva de entender os efeitos do alongamento na atividade seguinte, Behm, Bambury et al. (Behm, Bambury et al. 2004) desenvolveram um estudo utilizando 16 indivíduos para avaliar o efeito do alongamento na força e equilíbrio. O protocolo de alongamento foi executado de forma passiva para os músculos do quadríceps, flexores de joelho e flexores plantares, consistindo em três séries de 45'' por 15'' de intervalo, onde a ordem dos grupos musculares foi aleatorizada e sempre executada de forma passiva pelo mesmo pesquisador. Para avaliar o controle postural foi utilizada uma plataforma oscilante através de três tentativas de 30'' antes e uma tentativa de 30'' após o protocolo de alongamento. O estudo identificou um significativo ($P < 0,05$) aumento da oscilação da plataforma após o protocolo adotado. Para Behm, Bambury et al. (Behm, Bambury et al. 2004; Behm, Bambury et al.) o alongamento passivo gerou alteração do comprimento muscular diminuindo a detecção e respostas as modificações de amplitude ocasionando em aumento da oscilação.

5 CASUÍSTICA

Trata-se de um estudo transversal, prospectivo, que foi realizado no laboratório de Performance Humana da Universidade Metodista de Piracicaba (UNIMEP).

5.1 PARTICIPANTES

A amostra foi composta por 14 indivíduos de ambos os sexos (idade: 24 ± 4 anos, estatura: 169 ± 7 cm, massa: $67,7 \pm 11$ kg), não treinados em atividades relacionadas a equilíbrio. O número de sujeitos ($n=14$) foi determinado utilizando o estudo do Behm et al. (2004), com indivíduos que possuem as mesmas características da que foi empregada no presente estudo, baseado em significância de 5% e um poder do teste de 80% (Eng 2003).

Todos os sujeitos foram informados dos procedimentos experimentais por meio de uma reunião entre os responsáveis pelo estudo e os sujeitos, na qual foram esclarecidos de forma clara e detalhada os objetivos, a metodologia, os benefícios relacionados ao estudo e os possíveis riscos envolvidos na pesquisa. Em seguida, assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE, anexo I), aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Metodista de Piracicaba – UNIMEP (protocolo #74/12). A metodologia proposta foi formulada respeitando resoluções 196/96 do Conselho Nacional de Saúde. A identidade de todos os voluntários foi mantida em total sigilo, para tanto no momento do preenchimento do formulário do TCLE, este foi identificado com o código específico. Código utilizado para registro durante as

coletas e análises dos dados, garantido desta forma a não identificação do voluntário ao longo da manipulação dos dados.

5.2 CRITÉRIOS DE EXCLUSÃO

Os critérios de exclusão adotados foram: (i) cirurgia prévia no membro inferior, (ii) lesão meniscal, ligamentar ou lesão condral, (iii) qualquer acometimento musculoesquelético em membros inferiores; (iiii) apresentarem quaisquer problemas de equilíbrio (ex: labirintite). Tais critérios foram questionados oralmente aos sujeitos antes do experimento.

5.3 PROCEDIMENTOS

Os sujeitos se apresentaram no laboratório em sessão única, e foram orientados a se abster de quaisquer atividades físicas por no mínimo 72 horas antes da avaliação. Inicialmente, o membro inferior dominante foi determinado através do questionamento oral sobre a preferência em chutar uma bola (Maulder and Cronin 2005). Dados antropométricos foram mensurados como peso, estatura, e os sujeitos foram questionados oralmente sobre o tempo e nível de condição física atual.

Durante a sessão, os sujeitos realizaram a familiarização com a tarefa unipodal de equilíbrio, e então a devida instrumentação foi realizada, iniciando com a colocação dos eletrodos superficiais de eletromiografia (sEMG) no gastrocnêmio lateral (Fox, Mihalik et al.) de ambos os membros inferiores. Para a aquisição da contração voluntária máxima isométrica (CVMI), os sujeitos foram instruídos à permanecerem sentados com o membro inferior estendido e então o pesquisador realizou resistência externa em dorsi-flexão e os sujeitos realizaram a flexão plantar máxima durante 5 segundos. A CVMI foi realizada em ambos os membros inferiores, visando posterior normalização do sinal EMG (Hermens, Freriks et al. 2000).

Para a tarefa de equilíbrio unipodal os sujeitos permaneceram parados em pé sobre uma plataforma de força e equilíbrio, com apenas um membro inferior apoiado no chão, e o membro contralateral ficou elevado à altura do maléolo medial do tornozelo do membro de apoio, e os membros superiores cruzados à frente na altura do peito (Figura 1).



Figura 1. Postura ereta quieta unipodal sobre plataforma de força (representada pelas linhas tracejadas).

O protocolo de avaliação do controle postural na condição pré-alongamento, onde cada sujeito realizou 3 tentativas em cada membro inferior, onde durante 30'', e deveria manter-se na posição unipodal com o outro pé na altura do maléolo medial do pé de apoio e os braços cruzados afrente do corpo. O pé referente ao membro inferior que não estava fazendo coleta só poderia tocar o chão após cada tentativa e os intervalos duraram um minuto entre tentativas, sendo tempo suficiente para que o indivíduo se sentisse preparado para a próxima tentativa. Os sujeitos foram instruídos a manter o foco de visão em um ponto fixo na parede a 4 m de distância. As medidas de pós-alongamento foram realizadas imediatamente após (0'), 10 minutos (10') e 20 minutos (20') após o protocolo de alongamento unilateral para o membro alongado e apenas as condições pré e imediatamente após foram utilizadas para o membro não alongado. Para a avaliação do controle postural pós-alongamento, o mesmo posicionamento do corpo foi adotado, porém apenas uma tentativa foi utilizada para cada condição. (Figura 2).

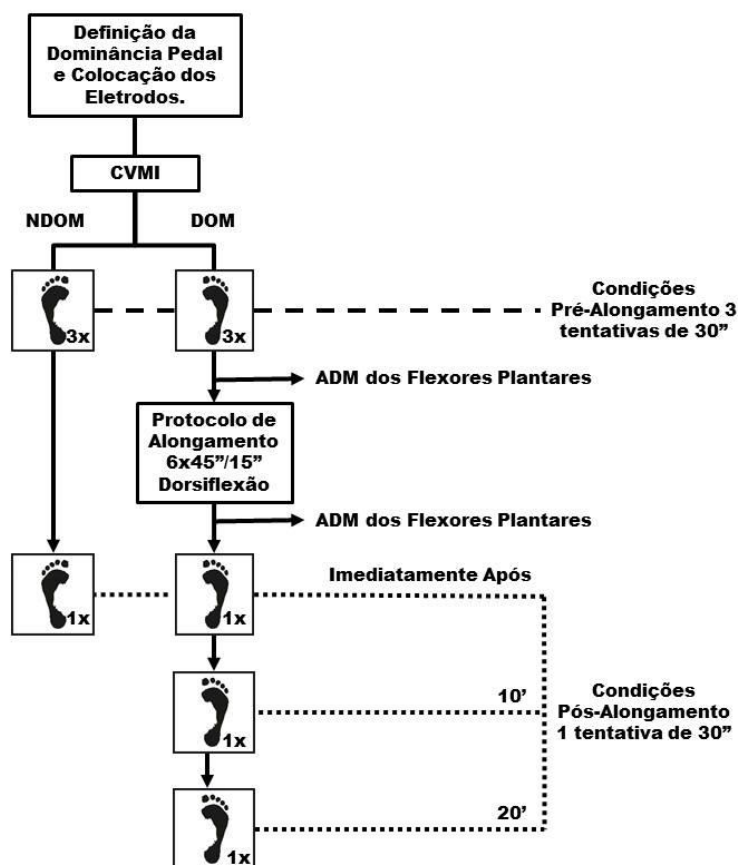


Figura 2. Diagrama esquemático do procedimento experimental. Legenda: CVMI (contração voluntária máxima isométrica), DOM (membro inferior dominante), NDOM (membro inferior não dominante), ADM (amplitude de movimento).

Eletroniografia Superficial (sEMG): Para a coleta dos dados de sEMG, durante a tarefa de equilíbrio unipodais, foi utilizado um eletromiógrafo de 4 canais (FREEMG 300, BTS Bioengineering, Milan, Italy), com filtro de banda de frequência 10-500 Hz, amplificador com ganho de 100x (total final de 1000x) e frequência de aquisição de 1000Hz. Foram utilizados pares de eletrodos ativos de superfície, circulares, autoadesivos, Ag/AgCl com 1cm de diâmetro, com espaçamento de 2 cm de centro a centro entre os eletrodos, associados à um gel condutor, sendo colocados sobre o GL de ambos os membros. A localização específica dos eletrodos no GL foi norteada segundo as recomendações do SENIAM (*Surface EMG for a non-invasive assessment of muscles*) (Hermens, Freriks et al. 2000), sendo posicionado a 1/3 da linha entre a cabeça da fíbula e o calcanhar. Os eletrodos foram colocados em ambos os membros inferiores. Para a colocação dos eletrodos os pêlos foram removidos da região e leve abrasão foi realizada na pele para remoção das células mortas e redução da impedância (Figura 3).



Figura 3. Local de inserção do eletrodo de eletromiografia superficial no músculo gastrocnêmio lateral em ambos os membros inferiores.

Plataforma de força (COP): para a aquisição dos dados do centro de pressão nas direções ântero-posterior e médio-lateral, foi utilizada uma plataforma de força (Kistler modelo 9286A, Winterthur, Switzerland) a uma frequência de 400Hz.

Todos os dados foram processados e analisados através de um programa escrito no software Matlab (Mathworks Inc., EUA).

Protocolo de Alongamento: O protocolo consistiu em alongar passivamente os músculos responsáveis primários pela flexão plantar da articulação do tornozelo (tríceps sural) apenas do membro dominante (Figura 4). A intensidade do alongamento foi mantida pelo avaliador através da avaliação do nível de desconforto, sendo esta determinada através de uma escala subjetiva de desconforto que variou entre 0 a 100% da Percepção Subjetiva de Desconforto (PSD) [0 sem desconforto e 100% o máximo desconforto imaginável durante o alongamento (Behm and Kibele 2007; Behm and Chaouachi 2011)]. A carga aguda de treino utilizada foi de 6 séries de 45'' por um intervalo entre séries de 15'' (Behm, Bambury et al. 2004), com a intensidade mantida entre 70-90% PSD. O alongamento foi executado sempre pelo mesmo avaliador. Medidas de flexibilidade (amplitude máxima de movimento passivo) foram mensuradas apenas no membro inferior alongado através do movimento de dorsiflexão utilizando um flexímetro (marca Sanny) nas condições de pré e imediatamente após o protocolo de alongamento unilateral.



Figura 4. Posicionamento adotado para a realização do alongamento.

5.4 ANÁLISE DOS DADOS

A análise do equilíbrio unipodal foi realizada em ambos os membros inferiores (membro alongado e não alongado) sendo os resultados comparados entre membros e entre condições [pré e pós-alongamento (0', 10', 20')]. Os dados da plataforma de força foram filtrados com um filtro passa baixa Butterworth de 4^a ordem e atraso de fase zero, com frequência de corte de 10Hz. Foram calculadas a velocidade, frequência e área do centro de pressão na plataforma de força durante as tarefas de equilíbrio unipodais em ambos os membros inferiores.

A velocidade foi calculada nas direções ântero-posterior (a-p) e médio-lateral (m-l) como o deslocamento total do COP dividido pelo período da coleta (Figura 5).

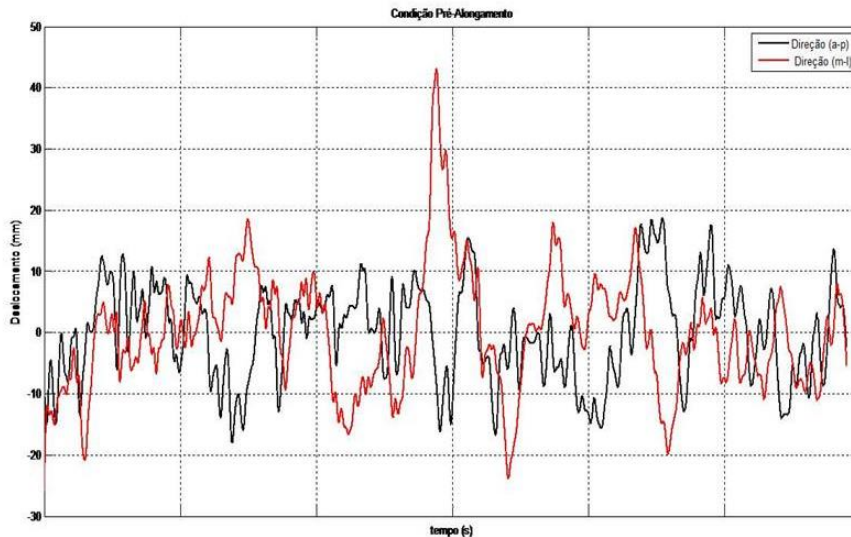


Figura 5. Gráfico representativo do deslocamento do COP nas direções ântero-posterior e médio-lateral da tarefa unipodal.

A área do COP foi calculada como a área de uma elipse que circunscreve 95% dos dados do COP (Freitas, Prado et al. 2005) (Figura 6).

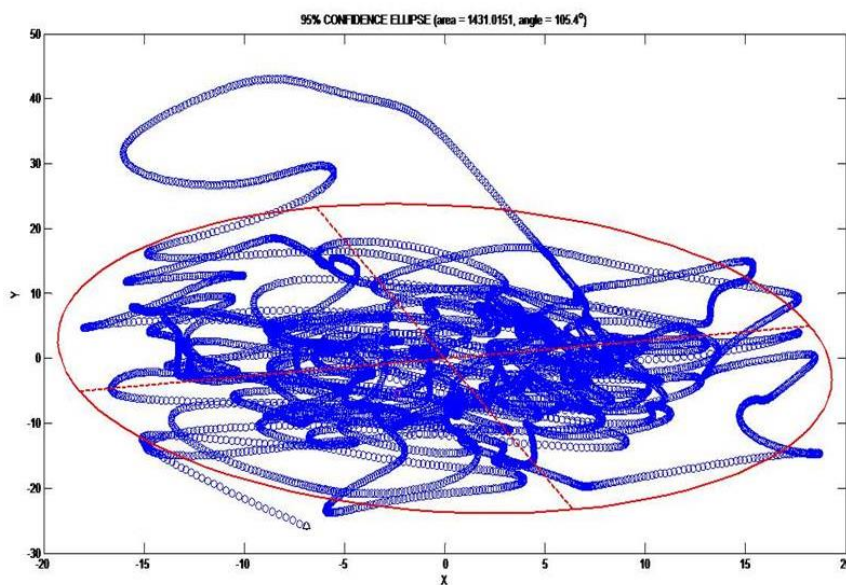


Figura 6. Gráfico representativo da área do COP e cálculo da elipse para a tarefa unipodal.

A frequência do deslocamento do COP para cada direção (a-p e m-l) foi calculada determinando as frequências menores que 80% do espectro de potência do COP. O valor de corte de 80% foi escolhido com base em trabalho anterior (Baratto, Morasso et al., 2002) o qual sugere que esse valor é um discriminador superior para os dados do COP em comparação com outras medições espectrais. A densidade espectral de potência foi estimada pelo periodograma de Welch, com uma resolução de 0,039 Hz (Baratto, Morasso et al. 2002; Duarte and Freitas 2010).

O processamento do sinal sEMG seguiu a seguinte ordem: os sinais EMG foram filtrados com um filtro de 4^a ordem, passa banda entre 20-400 Hz, e atraso de fase zero. Foi utilizada a root-mean square (RMS) com uma janela de 150 ms, para a amplitude do sinal sEMG (RMS EMG) e normalização pela CVMI. Então, foi calculada a área sobre a curva do RMS EMG, definindo-se a sEMG integrada (IEMG) (Figura 7).

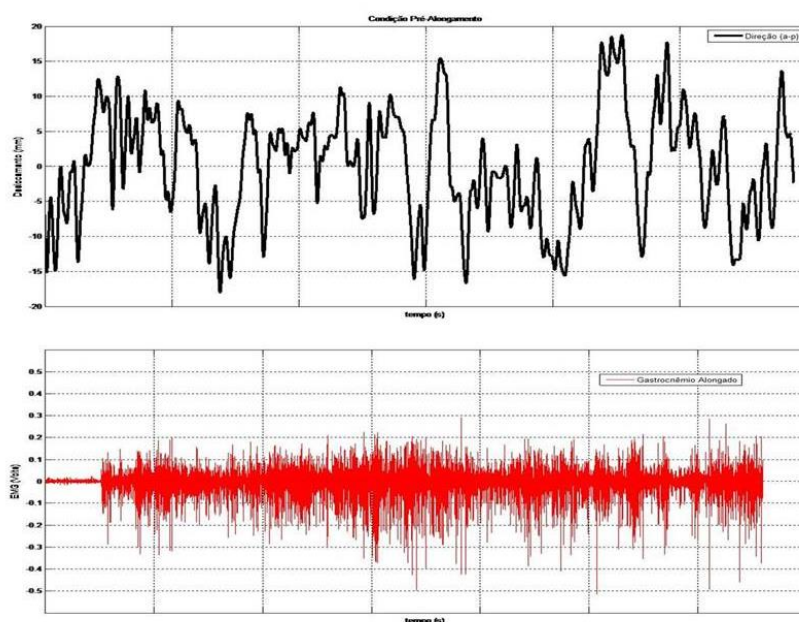


Figura 7. Gráfico representativo do deslocamento do COP na direção ântero-posterior e eletromiografia do musculo gastrocnêmio lateral integrados durante da tarefa unipodal.

Para a análise no domínio de frequências foi utilizada a transformada rápida de Fourier (FFT). A frequência mediana (FMed) do espectro de potência foi calculada para cada condição e utilizada para análise (Figura 8).

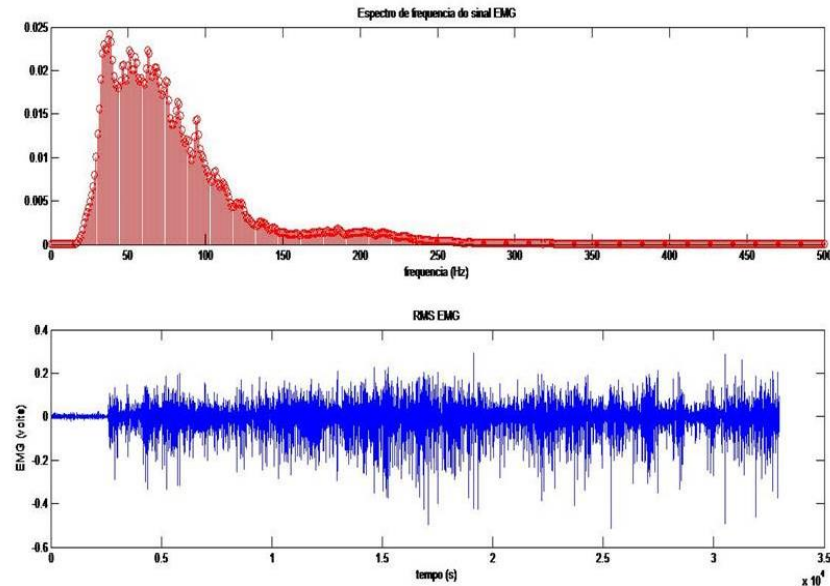


Figura 8. Gráfico representativo da atividade eletromiográfica do gastrocnêmio lateral integrados e espectro de potencia durante tarefa unipodal.

5.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA

A análise estatística descritiva envolveu medidas de tendência central e variabilidade. Todos os dados foram reportados através da média e desvio padrão (DP) da média. A normalidade e homogeneidade das variâncias foram verificadas utilizando o teste de Shapiro-Wilk e de Levene, respectivamente. Um teste *t de student* pareado foi utilizado para verificar diferenças na ADM antes e após o protocolo de alongamento unilateral apenas do membro treinado. ANOVA (2x2) medidas repetidas foram utilizadas para comparar as diferenças das variáveis dependentes analisadas entre os membros (alongado e não alongado) e condições (pré e pós-alongamento). ANOVA medidas repetidas foi utilizado para verificar as diferenças entre condições para o membro alongado. Um post hoc de Bonferroni (com correção) foi utilizado para verificar as diferenças. O cálculo do tamanho do efeito (TE) foi realizado através da fórmula de Cohen e os resultados se basearam nos seguintes critérios: <0,50 efeito trivial; 0,50-1,25 pequeno efeito; 1,25-1,90 efeito moderado; e >2,00 grande efeito, para sujeitos não treinados baseado em Rhea (2004). Significância (α) de 5% foi utilizada para todos os testes estatísticos, através do software SPSS versão 18.0.

6. RESULTADOS

Os resultados de amplitude de movimento mostraram diferença significativa entre as condições antes e após o protocolo de alongamento (média±desvio padrão: $15^{\circ}\pm 6$ e $21.5^{\circ}\pm 7$, respectivamente [$P<0,001$, $TE=0,95$, $\Delta\%=30,2$]).

Para a área do COP (Figura 9) foi verificada diferença significativa entre as condições de pré-alongamento e imediatamente após-alongamento para o membro alongado ($P=0,015$, $TE=2,38$, $\Delta\%=23,5$). Não foram observadas diferenças significativas entre os membros (alongado e não alongado).

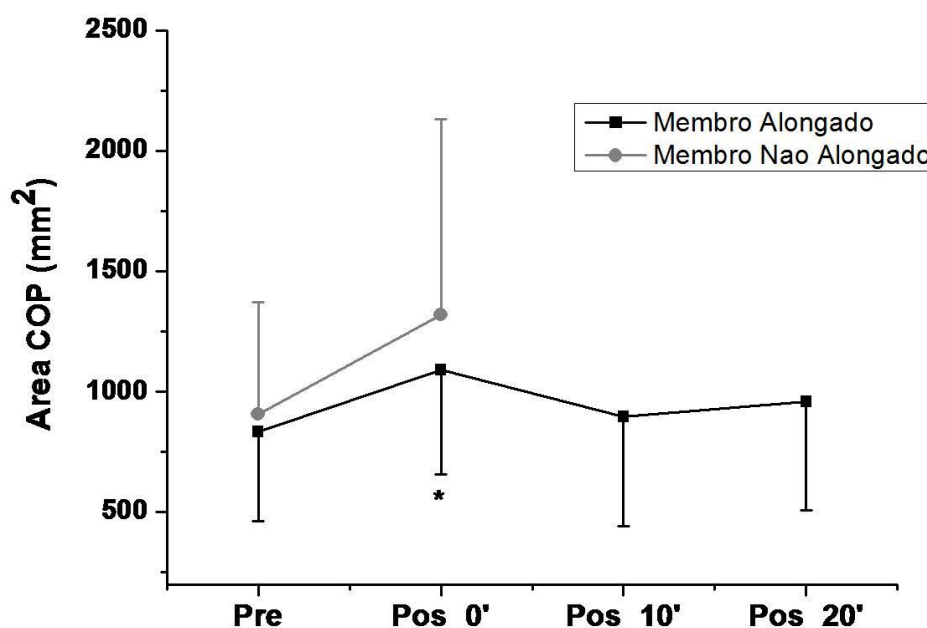


Figura 9. Média e desvio padrão da área do COP para os membros alongado e não alongado nas condições pré e pós-alongamento. * $P<0,05$.

Para a velocidade a-p do COP (Figura 10a) não foram verificadas diferenças significativas entre as condições de pré-alongamento e pós-alongamento e entre os membros (alongado e não alongado).

Para a velocidade m-l do COP (Figura 10b) não foram verificadas diferenças significativas entre as condições de pré-alongamento e pós-alongamento e entre os membros (alongado e não alongado).

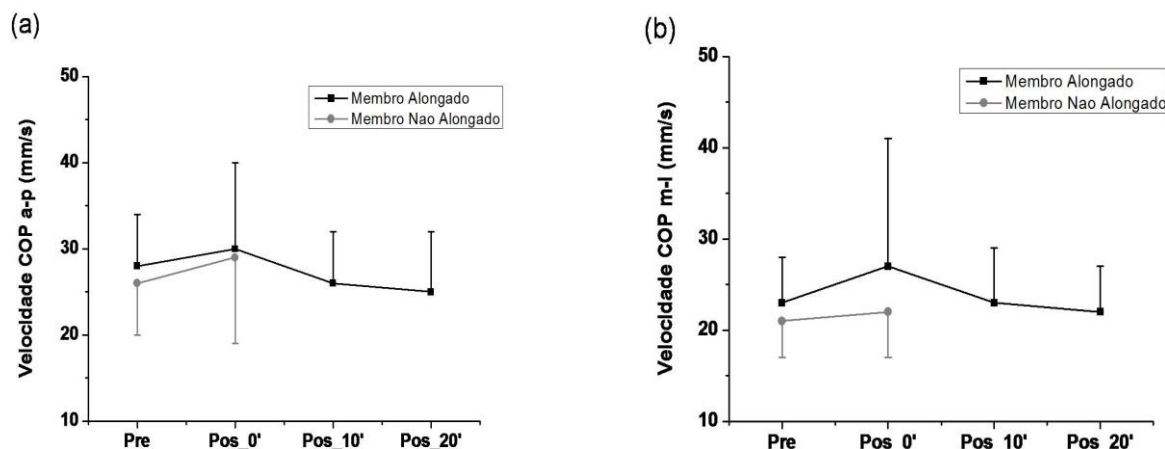


Figura 10. Média e desvio padrão da velocidade do COP (a) ântero-posterior e (b) médio-lateral para os membros alongado e não alongado nas condições pré e pós-alongamento.

Para a frequência a-p do COP (Figura 11a) não foram verificadas diferenças significativas entre as condições de pré-alongamento e pós-alongamento e entre os membros (alongado e não alongado).

Para a frequência m-l do COP (Figura 11b) não foram verificadas diferenças significativas entre as condições de pré-alongamento e pós-alongamento e entre os membros (alongado e não alongado).

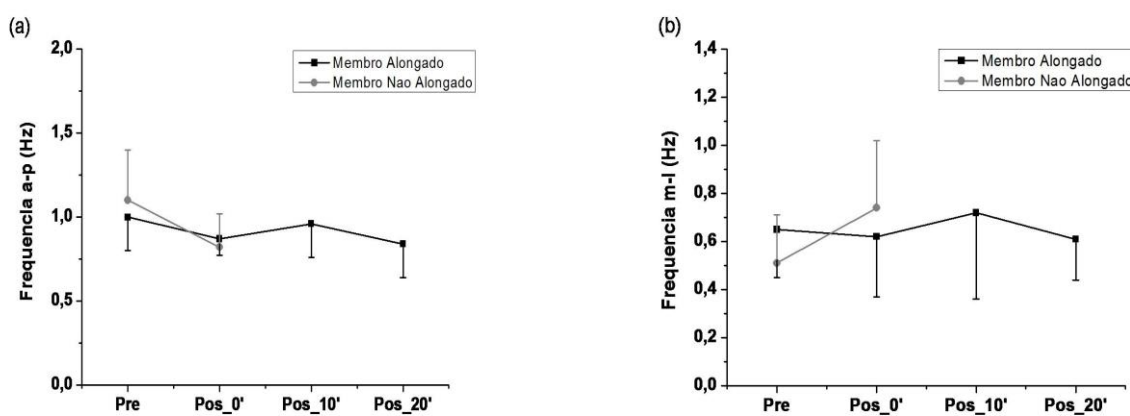


Figura 11. Média e desvio padrão da frequência do COP (a) ântero-posterior e (b) médio-lateral para os membros alongado e não alongado nas condições pré e pós-alongamento.

Para a IEMG do músculo gastrocnêmio lateral (Figura 12a) foi verificada diferença significativa entre as condições de pré-alongamento e imediatamente após-alongamento ($P=0,036$, $TE=5,8$, $\Delta\%=25,9$) e entre os membros (alongado e não alongado) nas condição imediatamente após-alongamento ($P=0,043$, $TE=9,5$, $\Delta\%=39,8$).

Para a frequência mediana (Figura 12b) não foram verificadas diferenças significativas entre as condições de pré-alongamento e pós-alongamento e entre os membros (alongado e não alongado).

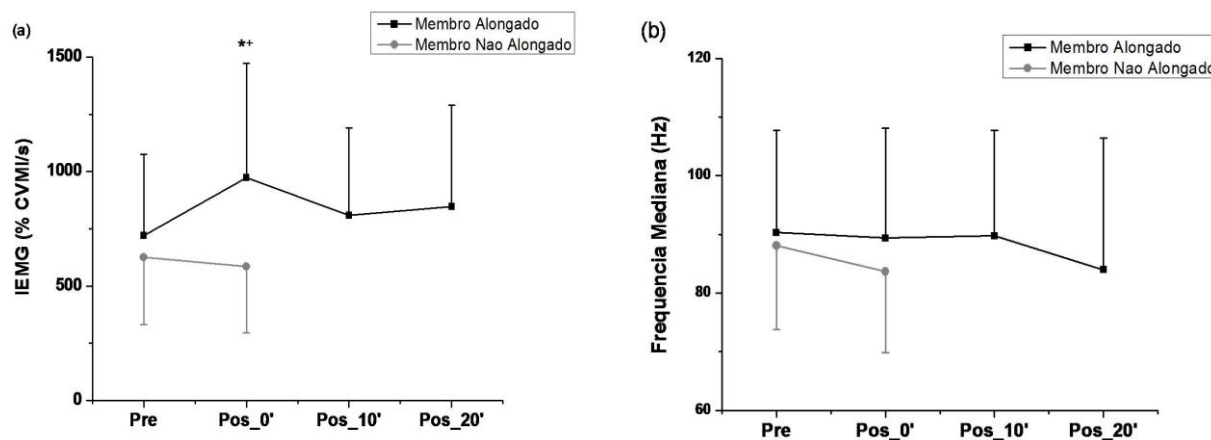


Figura 12. Média e desvio padrão da atividade mioelétrica do gastrocnêmio lateral (a) IEMG e (b) frequência mediana para o membro alongado e não alongado nas condições pré e pós-alongamento.*Diferença significativa entre as condições pré e pós-alongamento, $P<0,05$.⁺Diferença significativa entre membros inferiores para a mesma condição, $P<0,05$.

7. DISCUSSÃO

O presente estudo visou verificar o efeito agudo de uma sessão de alongamento unilateral de tornozelo sobre o controle postural unipodal do membro ipsilateral e contralateral em sujeitos não treinados.

Inicialmente, foi verificado que o protocolo de alongamento foi efetivo no aumento de ADM passiva, através da avaliação de flexibilidade (flexímetro). Possivelmente, este aumento de ADM passiva foi decorrente da combinação das variáveis da carga aguda (volume e intensidade) aplicadas durante o protocolo de alongamento, os quais afetaram as estruturas periarticulares do

tornozelo (Behm and Chaouachi 2011). Em um estudo de revisão feito por Behm e Chaouachi (2011), sobre os efeitos do alongamento, foram verificadas alterações significativas na ADM passiva a partir de uma duração de 90 segundos totais (exemplo: 3 séries de 30 segundos), nesse sentido, o estudo verificou que a partir desse tempo os protocolos experimentais produziram efeitos significantes e quanto à intensidade utilizada nos protocolos não alcançam uma zona de desconforto os resultados não apresentam significativa alteração. Portanto, o efetivo aumento de ADM demonstrou que o protocolo de alongamento utilizado neste estudo, gerou modificações significativas no tecido biológico, podendo ser relacionado às alterações mecânicas (rigidez e relação comprimento-tensão) e/ou neurofisiológicas (propriocepção) (Behm and Chaouachi 2011). Mesmo com o TE apresentando um pequeno efeito, o presente protocolo de alongamento se mostrou efetivo no aumento de ADM passiva da ordem de 30,2%.

Quanto às tarefas de controle postural, Jancová (2008) cita que o equilíbrio é uma tarefa complexa que necessita de uma grande interação entre os sistemas somatossensitivo, vestibular e visão. Entretanto, durante o presente estudo, possivelmente os efeitos encontrados estão primariamente relacionados às alterações somatossensitivas, em virtude do controle dos sistemas visual e vestibular durante o protocolo experimental.

As medidas realizadas durante a análise do controle postural frente ao protocolo de alongamento foram retiradas do comportamento do centro de pressão (COP) nas direções ântero-posterior e médio-lateral. De forma geral, observou-se aumento na área do COP, a qual foi estatisticamente significativa, entretanto não significativa para sua velocidade e frequência, em ambas as direções, ântero-posterior e médio-lateral.

A primeira variável analisada foi a área do COP, a qual representa a resposta neuromuscular ao deslocamento do centro de massa, dentro da base de suporte. Os valores da área do COP apresentaram aumento apenas para o membro alongado e na condição imediatamente após o protocolo de alongamento passivo, retornando à condição basal durante os 10 primeiros minutos, sendo este, tempo suficiente para o reestabelecimento mecânico e neurofisiológico do tecido biológico (Mizuno, Matsumoto et al. 2012). No estudo realizado por Mizuno, Matsumoto et al. (2012) que utilizou um exame de ultrassonografia para entender o curso temporal do efeito do alongamento passivo de flexores plantares em 11 indivíduos do sexo masculino, jovens e saudáveis, executando um protocolo que utilizou um equipamento isocinético a uma velocidade de 1°/s até chegar à amplitude máxima suportada pelo participante,

que partir deste ponto disparava um dispositivo que o mantinha no alongamento passivo por 1 minuto com 15 segundos de intervalo, em um total de 5 séries. O referido protocolo constatou que a alteração plástica causada na unidade músculo-tendínea pelo alongamento estático aumentou a ADM por cerca de 30 minutos após o protocolo e a rigidez tende a voltar a condição basal entre 5 a 10 minutos. Possivelmente, com a condição de rigidez da unidade músculo-tendínea reestabelecida antes dos 10 minutos após o protocolo de alongamento passivo, permite ao SNC ter condições para manter o equilíbrio estável e, conseqüentemente, pôde se adaptar a uma nova condição da ADM, levando o controle postural novamente para a condição basal.

Quanto ao comportamento do controle postural após o alongamento passivo, o presente estudo corrobora o estudo de Behm, Bambury et al. (2004) o qual verificou alterações no comportamento do equilíbrio estático. No estudo de Behm, Bambury et al. (2004), foi utilizado uma plataforma oscilante computadorizada, que verificou um significativo aumento de oscilação após um protocolo de alongamento que envolvia quadríceps, isquiotibiais e flexores plantares. O protocolo utilizado no presente estudo utilizou indivíduos destreinados em tarefas de equilíbrio para avaliar o efeito agudo do alongamento unilateral de flexores plantares no comportamento do controle postural em uma plataforma de força. A similaridade existente em ambos os estudos, está na significativa interferência do alongamento passivo no controle postural, que por sua vez pode ter sido gerado a partir da alteração na rigidez dos tecidos alongados. As alterações envolvendo a relação comprimento-tensão e a diminuindo a sensibilidade das estruturas aferentes da unidade músculo-tendínea (fuso muscular, OTG, fibras sensoriais III e IV) não aparentam ser o principal mecanismo responsável pelo aumento de oscilação encontrado no presente estudo.

A velocidade do COP nas direções ântero-posterior e médio-lateral tiveram um pequeno aumento na condição imediatamente após o protocolo de alongamento passivo, porém não alcançaram a significância estatística adotada pelo estudo tendo um tamanho do efeito trivial para ambas as direções (a-p e m-l), mesmo com o aumento da área do COP.

Os dados referentes às frequências de oscilação do COP nas direções ântero-posterior e médio-lateral não tiveram alteração significativa, e demonstraram que o número de ajustes para a manutenção do equilíbrio estático unipodal não sofreram mudanças significativas ao longo das condições estudadas para ambos os membros inferiores, tendo um tamanho do efeito trivial em ambas as direções (a-p e m-l).

O estudo desenvolvido por Avela, Finni et al. (2004) sugere que após o alongamento estático de longa duração dos músculos responsáveis pela flexão plantar, há uma alteração na produção de torque em relação ao ângulo da articulação do tornozelo (relação torque-ângulo), indicando uma possível alteração plástica do tecido que diminuiu a velocidade de resposta para a mesma posição articular. Tais alterações diminuem a sensibilidade das estruturas aferentes do sistema nervoso (fuso muscular, OTG e receptores sensoriais III e IV) e o comprimento do músculo em relação à produção de torque. Como o equilíbrio humano na posição vertical se baseia em constantes ajustes que mantêm o centro de gravidade na base suporte (área entre os pés) a alteração do tecido biológico pode ocasionar em um aumento na área de oscilação do COP, porém sem significativo aumento da velocidade e frequência. Os dados também sugerem que aumentar o número de ajustes não é uma estratégia adotada pelo SNC após o protocolo de alongamento passivo para a manutenção do COP na base suporte, e sim a maior ativação muscular. Tal aumento da ativação muscular gerar um efeito de aumento na rigidez e, provavelmente através deste mecanismo manteve a frequência e velocidade nas direções ântero-posterior e médio-lateral sem alteração.

Em relação à ativação muscular do gastrocnêmio lateral, observou-se que o protocolo de alongamento passivo gerou aumento da IEMG na condição imediatamente após o protocolo de alongamento em relação à condição basal, tendo um grande tamanho do efeito. Observou-se também significativa diferença entre membro alongado e membro não alongado na mesma condição, tendo um grande tamanho do efeito. É possível, que tal efeito tenha sido observado em função da modificação de rigidez do tecido biológico (verificado através do aumento da ADM e possível modificação da curva torque-ângulo) o qual afeta diretamente a mobilidade articular, induzindo o SNC a tentar se adaptar a esta nova condição mais instável, tornando este o mecanismo adotado na condição de maior instabilidade, pois a contração aumenta a rigidez do músculo (Heckman and Enoka 2012).

No protocolo experimental apenas o membro dominante foi alongado, isso significa que apenas o mesmo recebeu a intervenção e conseqüente estresse mecânico através do protocolo de alongamento passivo, portanto tais alterações, decorrentes do protocolo, não ocorreram no membro contralateral. Possivelmente, o protocolo afetou apenas as estruturas músculo-articulares, sem efeitos na propriocepção ou qualquer comando neural que afetasse o membro contralateral.

Quanto ao tempo de recuperação, o membro alongado teve sua ativação do gastrocnêmio lateral e área do COP restabelecidos após 10 minutos do protocolo de alongamento. Possivelmente, o protocolo de alongamento utilizado não apresentou as características necessárias para modificar as respostas do tecido biológico por mais de 10 minutos, assim como no estudo de Mizuno, Matsumoto e Umemura (2013) que identificou, através de ultrassonografia, uma diminuição da rigidez da unidade músculo-tendínea em um possível aumento na complacência do tendão e da fáscia muscular. O protocolo de alongamento passivo de flexores plantares utilizado no estudo de Mizuno, Matsumoto e Umemura (2013) consistiu em 5 séries de 1 minuto por 15 segundos de intervalo, totalizando 5 minutos totais de carga, diferente do protocolo utilizado no presente estudo que utilizou 6 séries de 45 segundos por 15 segundos de intervalo totalizando 4 minutos e 30 segundos de carga total. Possivelmente, a proximidade da carga total de alongamento passivo utilizado em ambos os estudos pode ter gerado semelhante efeito na unidade músculo-tendínea do tríceps sural, sendo responsável pela mudança de comportamento, sendo assim, a redução da rigidez decorrente do alongamento passivo pode ser o principal motivo da mudança de comportamento encontrado no controle postural que é reestabelecido durante os 10 primeiros minutos.

O presente trabalho traz novos dados que contribuem para o entendimento da influência do alongamento sobre a atividade seguinte e a adaptação do SNC a nova condição mecânica, conseqüentemente podemos identificar formas de utilização mais eficientes e funcionais, já que quando antecede atividades de equilíbrio gera um efeito deletério para a performance durante os 10 primeiros minutos. Atletas de ginástica olímpica que precisam executar sua série de exercícios com o mínimo de oscilação pode ser um exemplo de atividade envolvendo performance que precisa controlar o efeito do alongamento, pois o mínimo de desequilíbrio pode ser determinante para influenciar negativamente no resultado da competição.

Os resultados deste estudo podem estar sujeitos às limitações, como a possibilidade de haver o efeito de crosstalk do sóleo na coleta do sEMG do gastrocnêmio lateral, interferindo no resultado do estudo, ou mesmo a falta da avaliação do tibial anterior que poderia nos informar sobre ações de co-contração. Finalmente, o protocolo de alongamento adotado para o presente estudo pode não corresponder a um protocolo comumente utilizado por praticantes recreacionais de atividade física ou fisioterapêuticas.

8. CONCLUSÃO

O alongamento passivo unilateral afetou significativamente a tarefa de controle postural unipodal apenas na condição imediatamente após o protocolo e somente para o membro alongado. Os aumentos na área do COP e na IEMG do gastrocnêmio lateral parecem estar relacionados, visando à estabilização da articulação do tornozelo, além disto, tais modificações se apresentaram temporárias (dentro de 10') e podem ser explicadas por alterações mecânico-sensoriais.

9 REFERÊNCIAS

- Avela, J., T. Finni, et al. (2004). "Neural and mechanical responses of the triceps surae muscle group after 1h of repeated fast passive stretches." J. Appl. Physiol. **96**: 2325-2332.
- Baratto, L., P. G. Morasso, et al. (2002). "A new look at posturographic analysis in the clinical context: sway-density versus other parameterization techniques." Motor Control **6**(3): 246-270.
- Barela, J. A. (2000). "Estratégias de Controle em Movimentos Complexos: Ciclo Percepção-Ação no Controle Postural." Rev. paul. Educ. Fís. **20**(3): 79-88.
- Behm, D. G., A. Bambury, et al. (2004). "Effect of acute static stretching on force, balance, reaction time, and movement time." Medicine Science and Sports Exercise **36**(8): 1397-1402.
- Behm, D. G., A. Bambury, et al. (2004). "Effect of Acute Static Stretching on Force, Balance, Reaction Time, and Movement Time." Med. Sci. Sports Exerc. **36**(8): 1397–1402.
- Behm, D. G., D. Buttom, et al. (2001). "Factors affecting force loss with stertching." Can. J. Appl. Physiol. **26**: 262-272.
- Behm, D. G. and A. Chaouachi (2011). "A review of the acute effects of static and dynamic stretching on performance." Eur J. Appl Physiol. **111**: 2633-2651.
- Behm, D. G. and A. Kibele (2007). "Effects of differing intensities of static stretching on jump performance." Eur. J. Appl. Physiol. **101**: 587-594.
- Clifton, D. R., B. C. Harrison, et al. (2013). "Relationship Between Functional Assessments and Exercise-Related Changes During Static Balance." Journal of Strength and Conditioning Research **24**(4): 966–972
- Cornwell, A., A. G. Nelson, et al. (2002). "Acute effects of stretching on the neuromechanical properties of the triceps surae muscle complex." Eur J Appl Physiol. **86**(10): 428–434.
- Deliagina, T. G., G. N. Orlovsky, et al. (2006). "Neural Bases of Postural Control." Physiology **21**(10): 216-225.
- Duarte, M. and S. M. S. F. Freitas (2010). "Revision of posturography based on force plate for balance evaluation." Rev. Bras. Fisioter. **14**(3): 183-192.
- Eng, J. (2003). "Sample Size Estimation: How many individuals should be studied?" Radiology **227**(2): 309-313.

- Fowles, J. R., D. G. Sale, et al. (2000). "Reduced strength after passive stretch of the human plantarflexors." J Appl Physiol **89**: 1179–1188.
- Fox, Z. G., J. P. Mihalik, et al. (2008). "Return of Postural Control to Baseline After Anaerobic and Aerobic Exercise Protocols." Journal of Athletic Training **43**(5456–463): 456–463.
- Freitas, S. M., J. M. Prado, et al. (2005). "The use of a safety harness does not affect body sway during quiet standing." Clinical Biomechanics (Bristol, Avon) **20**(3): 336-339.
- Guskiewicz, K. M. and D. H. Perrin (1996). "Research and clinical applications of assessing balance." Journal of Sport Rehabilitation **5**: 45-63.
- Hall, J. S. (2009). Biomecânica Básica. Barueiri, SP, 5 ed.
- Heckman, C. J. and R. M. Enoka (2012). "Motor Unit " American Physiological Society **2**: 2629-2682.
- Hermens, H. J., B. Freriks, et al. (2000). "Development of recommendations for SEMG sensors and sensor placement procedures." J Electromyogr Kinesiol **10**(5): 361-374.
- Horak, F. B. (2006). "Postural orientation and equilibrium: what do we need to know about neural control of balance to prevent falls?" Age and Ageing **35**(S2): ii7–ii11.
- Hrysomallis, C. (2011). "Balance ability and athletic performance." Sports Medicine **41**(3): 221-232.
- Jancova, J. (2008). "Measuring the Balance Control System - Review." Acta Medica. **51**(3): 129–137.
- Kidgell, D. J. and A. J. Pearce (2011). "What has transcranial magnetic stimulation taught us about neural adaptations to strength training? A brief review." J. Strength Cond. Res. **25**(11): 3208-3217.
- Maulder, P. and J. Cronin (2005). "Horizontal and vertical jump assessment: reliability, symmetry, discriminative and predictive ability." Physical Therapy in Sport **6**(2): 74-82.
- Mizuno, T., M. Matsumoto, et al. (2012). "Decrements in Stiffness are Restored within 10 min." Int J Sports Med **34**: 484–490.
- Mizuno, T., M. Matsumoto, et al. (2013). "Decrements in stiffness are restored within 10 min." Int. J. Sports Med. **34**: 484-490.
- Mochizuki, L. and A. C. Amadio (2006). "As Informações Sensoriais para o Controle Postural." Fisioterapia em Movimento, Curitiba, v.19, n.2, p. 11-18, abr./jun., 2006 **19**(2): 11-18.

- Mochizuki, L., R. G. Cosme, et al. (2006). "Coordenação Motora e Controle Postural por Meio de Análise Multivariada." Motriz, Rio Claro **12**(1): 65-72.
- Pacheco, L., R. Balius, et al. (2011). "The acute effects of different stretching exercises on jump performance." J. Strength Cond. Res. **25**(11): 2991-2998.
- Rhea, M. R. (2004). "Determining the magnitude of treatment effects in strength training research through the use of the effect size." J Strength Cond Res **18**(4): 918-920.
- Rubini, E. C., A. L. L. Costa, et al. (2007). "The effects of stretching on strength performance." Sports Medicine **37**(3): 213-224.
- Shrier, I. (2004). "Does stretching improve performance? A systematic and critical review of the literature." Clin J Sport Med **14**(5): 267-273.
- Taube, W., M. Gruber, et al. (2008). "Spinal and supraspinal adaptations associated with balance training and their functional relevance." Scandinavian Physiological Society **193**: 101–116.
- Thacker, S. B., J. Gilchrist, et al. (2004). "The impact of stretching on sports injury risk: a systematic review of the literature." Med. Sci. Sports Exerc **36**(3): 371-378.
- Winter, D. A. (1995). A.B.C. (Anatomy, Biomechanics and Control) of balance during standing and walking. Canada, Waterloo Biomechanics.

ANEXOS

ANEXO I. TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

O presente estudo tem o objetivo avaliar o efeito do alongamento na postura em pé. Você deverá vir ao laboratório em 2 momentos, um antes e outro após uma sessão de alongamento. No primeiro momento, você permanecerá em pé sobre uma plataforma que mede seu peso e será feito um teste de equilíbrio utilizando apenas uma das pernas, você deverá se equilibrar durante 3 tentativas de 30 segundos. Então, realizaremos um alongamento de sua perna, enquanto você permanece sentado por 4 tentativas de 45 segundos e um descanso de 15 segundos. Depois do alongamento, você voltará a repetir o teste de equilíbrio com a mesma perna.

Quando julgar necessário, você poderá acessar as informações sobre os procedimentos, riscos e benefícios relacionados ao estudo. Podendo retirar o seu consentimento e deixando de participar do estudo, sem que haja algum prejuízo.

Comprometemos em manter o sigilo e privacidade absoluta de suas informações e indenização por eventuais danos a saúde decorrente da pesquisa. Poderão ser realizadas imagens como filmagem e / ou fotografia, que poderão ser anexadas ao estudo, com rosto devidamente encoberto. Você será acompanhado pelos responsáveis da pesquisa, bem como por colaboradores qualificados durante todos os procedimentos da pesquisa. Toda e qualquer dúvida sobre o projeto será esclarecida pelo responsável por meio de telefone ou pessoalmente após agendamento. Os resultados do trabalho serão publicados nos meios acadêmicos. Entretanto, os resultados individuais de cada voluntário e sua identificação serão mantidos em sigilo e os seus dados serão somente acessíveis aos pesquisadores envolvidos no trabalho.

Eu,.....

Data de Nascimento:...../...../..... **RG N°** :.....

Endereço :

N°.....**Compl.** :.....

Bairro:..... **Cidade**

CEP.....**Telefone** (.....).....

E-Mail:.....

CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Declaro que após convenientemente esclarecido pelo pesquisador e ter entendido o que me foi explicado, aceito participar da presente pesquisa.

Assinatura do Participante

CONTATO

Pesquisador Responsável: Dr. Paulo Henrique Marchetti

Endereço: Rodovia do Açúcar, Km 156, bloco 7, sala 32

Telefone: (019) 3124-1515- ramal 1240

Comitê de Ética em Pesquisa – CEP

Universidade Metodista de Piracicaba – UNIMEP

Endereço: Rodovia do Açúcar, Km 156, bloco 7.

e-mail: comitedeetica@unimep.br

ANEXO II. CERTIFICADO DE APROVAÇÃO DO COMITÊ DE ÉTICA (CEP)

 UNIMEP Universidade Metodista de Piracicaba	Comitê de Ética em Pesquisa CEP-UNIMEP
<i>Certificado</i>	
<p>Certificamos que o projeto de pesquisa intitulado "<i>Efeito agudo do alongamento na performance de saltos verticais e controle postural</i>", sob o protocolo <i>nº 74/12</i>, do pesquisador <i>Prof. Paulo Henrique Marchetti</i> esta de acordo com a Resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde/MS, de 10/10/1996, tendo sido aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa – UNIMEP.</p>	
<p>We certify that the research project with title "<i>Acute effect of stretching on vertical jumping and postural control</i>", protocol <i>nº 74/12</i>, by Researcher <i>Prof. Paulo Henrique Marchetti</i> is in agreement with the Resolution 196/96 from Conselho Nacional de Saúde/MS and was approved by the Ethical Committee in Research at the Methodist University of Piracicaba – UNIMEP.</p>	
	Piracicaba, 27 de novembro de 2012
Prof. Dr. Rodrigo Batagello Coordenador CEP - UNIMEP	