



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“Júlio de Mesquita Filho”
Campus de Rio Claro

José Adolfo Menezes Garcia Silva

Estudo sobre o efeito do incremento de tarefas cognitivas sobre o padrão de marcha de adultas jovens

Dissertação apresentada à Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” Campus de Rio Claro para obtenção do título de Mestre em Desenvolvimento Humano e Tecnologias

Área de concentração: Tecnologias e Desempenho Humano

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Tavella Navega

Rio Claro/ SP
2011



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“Júlio de Mesquita Filho”
Campus de Rio Claro

José Adolfo Menezes Garcia Silva

**Estudo sobre o efeito do incremento de tarefas cognitivas sobre o padrão de marcha
de adultas jovens**

**Dissertação apresentada à Universidade Estadual
Paulista “Júlio de Mesquita Filho” Campus de
Rio Claro para obtenção do título de Mestre em
Desenvolvimento Humano e Tecnologias**

**Área de concentração: Tecnologias e Desempenho
Humano**

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Tavella Navega

Banca examinadora

Prof. Dr. Marcelo Tavella Navega - Universidade Estadual Júlio de Mesquita Filho
Campus de Marília

Prof. Dr. Mariana Chaves Aveiro - Universidade Federal de São Paulo

Prof. Dr. Adalgiso Coscrato Cardozo - Universidade Estadual Júlio de Mesquita Filho
Campus de Rio Claro

Rio Claro/SP
2011

Agradecimentos

Primeiramente agradeço a Deus que é minha fonte de inspiração, e que por meio de seus ensinamentos busco o aprendizado para enfrentar as dificuldades do dia-a-dia.

A todas as pessoas que considero como parte da minha família pelo suporte proporcionado durante o período de produção desta dissertação.

Aos voluntários e a equipe de trabalho pelo auxílio no processo de elaboração e realização desta dissertação.

À Capes pelo financiamento concedido.

Lista de abreviaturas, símbolos e siglas

MN - Marcha normal

DTF - Dupla tarefa fácil

DTD - Dupla tarefa difícil

DTN - Dupla tarefa mista

RF - Reto femoral

VL - Vasto lateral

VM - Vasto medial

BF - Bíceps femoral

TA - Tibial anterior

GL - Gastrocnêmio lateral

SO – Sóleo

Kg – Quilograma

m – Metro

m/s – Metro por segundo

p – Valor de significância estatístico

r – Valor de correlação estatístico

Sumário

<u>Introdução.....</u>	<u>7</u>
<u>Contextualização.....</u>	<u>8</u>
<u>Referências bibliográficas</u>	<u>12</u>
<u>Artigo.....</u>	<u>14</u>
<u>Introdução.....</u>	<u>17</u>
<u>Métodos.....</u>	<u>20</u>
<u>Procedimentos.....</u>	<u>20</u>
<u>Resultados.....</u>	<u>25</u>
<u>Discussão.....</u>	<u>29</u>
<u>Conclusão</u>	<u>34</u>
<u>Referências</u>	<u>35</u>

Introdução

Esta dissertação é parte dos requisitos descritos no plano de atividade global para o recebimento do título de Mestre em Desenvolvimento Humano e Tecnologias. Este trabalho é composto por uma revisão de literatura contemplando os últimos 10 anos (período de 2001 até 2011), seguido da elaboração e exposição em forma de artigo científico.

O tema estudado é referente às conseqüências proporcionadas pela execução de tarefas cognitivas associadas à deambulação. Para abordar tal tema, foi simulado uma condição corriqueira de caminhar com a realização de expressões matemáticas. Os dados foram coletados em ambiente controlado no Laboratório de Biomecânica do Instituto de Biociências da Unesp de Rio Claro. Dezesete adultas jovens foram analisadas biomecanicamente em relação às alterações em seus padrões de marcha. Para analisar estas possíveis alterações, foi realizado análise cinemática e cinética, referente ao deslocamento espaço temporal e ao nível de ativação muscular.

Com a finalidade de apresentar nossos resultados, foi elaborado um artigo denominado “Alterações nos padrões de marcha de jovens adultas: implicações da associação de tarefas.” Este artigo aborda as alterações no tempo e comprimento de passada e nos padrões de ativação e cocontração muscular da marcha com o incremento de tarefas cognitivas.

Contextualização

Atravessar uma rua, andar dentro de casa ou até mesmo caminhar em um parque pode parecer uma tarefa que desprenda pouca demanda atencional, contudo, trata-se de uma atividade que requer cauteloso planejamento, monitoramento e coordenação adequada de uma seqüência de ações (NORDIN et al., 2010). O controle do equilíbrio e da marcha era visto como um processo automático que requer baixos níveis de processamento cognitivo, porém, estudos mostram que para a execução de atividades que envolvam o equilíbrio, como por exemplo, a marcha exige altos níveis de ativação da função cognitiva (WOOLLACOT, SHUMWAY-COOK, 2002; BEAUCHET et al., 2005; TSANG, LEE, FU, 2008; ABBUD, LI, DeMONT, 2009; SCHULTZ et al., 2010, LAMOTH et al., 2011). A manutenção postural e o deslocamento espacial necessitam de diversas alterações nas interações musculares durante todo o arco de movimento (FONSECA et al., 2004)

Associar a deambulação atividades como a realização de expressões matemáticas ou simplesmente conversar com outra pessoa, pode desencadear alterações nos padrões de marcha (WOOLLACOTT, SHUMWAY-COOK, 2002; AL-YAHYA et al., 2011), com declínio do controle postural proporcional ao nível de exigência da tarefa associada (DOI et al., 2011; NORDIN et al., 2010). As mudanças nos padrões de marcha associadas à execução de tarefas cognitivas são atribuídas a competição por recursos executores limitados no sistema nervoso central (WOOLLACOTT, SHUMWAY-COOK, 2002; BRACH et al., 2008; BEAUCHET et al., 2009). Assim associar tarefas, mesmo que em diferentes níveis de complexidade cognitiva, pode comprometer o controle motor durante a marcha, provocando aumento do risco de quedas, alterações no comprimento, velocidade, cadência, e tempo de duplo apoio durante a deambulação (BRACH et al., 2008;

BEAUCHET et al., 2009; NORDIN et al., 2010; KERRIGAN et al., 2001; GOLDBERG, NEPTUNE, 2007).

A dupla tarefa consiste em um assunto de interesse para diversos pesquisadores devido a sua repercussão na vida cotidiana. Um aspecto objeto de investigação relaciona-se à dupla tarefa e sua capacidade em provocar declínio funcional. Lamoth et al (2011), fizeram associações com maiores probabilidades de execução de duplas tarefas gerarem eventos como quedas, principalmente quando são analisadas pessoas idosas ou indivíduos com doenças neurológicas, como a doença de Parkinson ou a doença de Alzheimer. Outra abordagem consiste na investigação da redução do desempenho funcional devido a partilha da atenção sobre as tarefas executadas (ABBUD, LI, DeMONT, 2009).

Plummer-D'Amato, Altmann, Reilly (2011) estudaram os efeitos da execução de testes de fluência verbal isoladamente e integrados à marcha em dois grupos: um grupo composto por sujeitos adultos; outro por idosos. As tarefa proposta consistiam em diferenciar o tom (agudo ou grave) das palavras “alto e baixo” faladas em um fone de ouvidos, e em verbalizar os acontecimentos de alguma de suas férias. Ao analisar a velocidade de preferência, tempo de passada, tempo da fase de duplo apoio e a simetria entre as passadas. Os autores concluíram que o relato de que andar e verbalizar, quando presentes em um mesmo momento, são considerados como uma tarefa que necessita de muita destreza em ambas faixas etárias; entretanto suas implicações foram mais acentuadas no grupo formado por idosos. Outro fato a ser considerado foi que os indivíduos que caminhavam com velocidades abaixo de 1 m/s apresentaram maior propensão a interferências da execução da dupla tarefa independentemente da idade, com diminuição significativa da fluência verbal, aumento do tempo de duplo apoio e do tempo de passada durante a execução da dupla tarefa.

Em outro estudo referente às implicações da realização de dupla tarefa, Bock e Beurskens (2011) compararam o desempenho de jovens e idosos propondo aos grupos que caminhassem e, simultaneamente, fizessem a marcação das respostas em um painel acoplado a sua cintura pélvica. Com o intuito de verificar os efeitos das aferências visuais este painel ora era formado por material opaco que não permitisse a visualização dos pés e ora por acrílico transparente. Os resultados mostraram não haver diferenças entre a execução com o painel transparente e com o painel opaco para um mesmo grupo na mesma condição. Todavia, o grupo formado por jovens caminhou em velocidades mais aceleradas, com passos mais compridos e com menor variação de amplitude e tempo entre os passos. Além disso, também ficaram evidentes as diferenças para ambos os grupos entre as tentativas com e sem o implemento da dupla tarefa, com detrimento mais pronunciado dos padrões de marcha nos sujeitos mais idosos durante a execução de tarefas associadas.

Atualmente, utilizar estratégias para nos fornecer parâmetros de alterações nos padrões espaço temporais e na dinâmica cinética da marcha configura-se como fator imprescindível para reconhecer mudanças nos padrões funcionais. As medidas de variabilidade dos parâmetros de marcha têm despertado grande interesse nos pesquisadores por tratar-se de um excelente preceptor de quedas e declínio da mobilidade (BERLIN et al., 2005; BRACH et al., 2008; NAJAFI et al, 2009; CALLISAYA et al., 2010). Altos valores de variabilidade no andar referem-se à flutuação nos valores dos parâmetros de marcha de uma passada para outra e é considerado um indicativo de instabilidade e reflete distúrbios no controle motor, como resultado de déficits no sistema nervoso central ou periférico (BRACH et al., 2008; BEAUCHET et al., 2009; CALLISAYA et al., 2010) .

Analisar alterações decorrentes da assimilação de tarefas na população jovem é fundamental como forma de averiguar possíveis distúrbios motores ou distúrbios no

sistema nervoso central, além de um bom parâmetro para analisar tais alterações outra aplicação relevante dos conceitos da dupla tarefa se faz presente quando os sujeitos necessitam de desempenho funcional máximo, como em situações onde exista competição entre sujeitos, modalidades esportivas, ou o indivíduo desempenhe tarefas delicadas e altamente precisas.

Referências bibliográficas

BOCK, O.; BEURSKENS, R. Age-related deficits of dual-task walking: the role of foot vision. **Gait & Posture**, v. 33, n. 2, p. 190-194, 2011.

ABBUD, G.A.C.; LI, K.Z.H.; DeMont, R.G.

Attentional requirements of walking according to the gait phase and onset of auditory stimuli. **Gait & Posture**, v. 30, p. 227-232, 2009.

BEAUCHET, O.; ALLALI, G.; ANNWEILER, C.; BRIDENBAUGH, S.; ASSAL, F.; KRESSIG, R.W.; HERRMANN, F.R. Gait variability among healthy adults: low and high stride-to-stride variability are both a reflection of gait stability. **Gerontology**, v. 55, p. 702-706, 2009.

BEAUCHET, O.; DUBOST, V.; AMINIAN, K.; GONTHIER, R.; KRESSIG, R.W. Dual-task-related gait changes in the elderly: does the type of cognitive task matter? **J Mot Behav**, v. 37, p. 259-264, 2005.

BERLIN, J.E.; Van SWCARINGER, J.M.; NEWMAN, A.B.; STUDENSKI, S.A. Too much or too little step width variability is associated with a fall history in older person who walk at or near normal gait speed. **J Neuroengineering Rehabil**, v. 2, p.21, 2005.

BRACH, J.S.; STUDENSKI, S.; PERERA, S.; VANSWCARINGER, J.M.; NEWMAN, A.B. Stance time and step width variability have unique contribution impairments in older person. **Gait & Posture**, v. 27, p. 431-439, 2008.

CALLISAYA, M.L.; BLIZZARD, L.; SCHMIDT, M.D.; McGinley, J.L.; SRIKANTH, V.K. Ageing and gait variability—a population-based study of older people. **Age and Ageing**, v. 39, p. 191-197, 2010.

LAMOTH, C.J.; VAN DEUDEKOM, F.J.; VAN CAMPEN, J.P.; APPELS, B.A.; DE VRIES, O.J.; PIJNAPPELS, M. Gait stability and variability measures of impaired cognition and dual tasking in frail people. **J Neuroeng Rehabil**, v. 8, n. 2, 2011.

NAJAFI, B.; HELBOSTAD, J.; MOE-NILSSEN, R.; ZIJLSTRA, W.; AMINIAN, K. Does walking strategy in older people change as a function of walking distance? **Gait & Posture**, v. 29, p. 261-266, 2009.

PLUMMER-D'AMATO, P.; ALTMANN, L.J.; REILLY, K. Dual-task effects of spontaneous speech and executive function on gait in aging: exaggerated effects in slow walkers. **Gait Posture**, v. 33, n.2 p. 233-237, 2011.

TSANG, W.W.; LEE, K.Y.; FU, A.S. Effects of concurrent cognitive task on pre-landing muscle response latency during stepping down activity in older adults with and without a history of falls. **Disabil Rehabil**, v. 30, p. 1116-1122, 2008.

WOOLLACOT, M.; SHUMWAY-COOK, A. Attention and the control of posture and gait: a review of an emerging area of research. **Gait & Posture**, v. 16, p. 1-14, 2002.

BRACH, J.S.; STUDENSKI, S.; PERERA, S.; VANSWCARINGER, J.M.; NEWMAN, A.B. Stance time and step width variability have unique contribution impairments in older person. **Gait & Posture**, v. 27, n. 3, p. 431-439, 2008.

AL-YAHYA, E.; DAWES, H.; SMITH, L.; DENNIS, A.; HOWELLS, K.; COCKBURN, J. Cognitive motor interference while walking: a systematic review and meta-analysis. **Neurosci Biobehav Rev**, v. 35, n. 3, p. 715-728, 2011.

DOI T, ASAI T, HIRATA S, ANDO H. Dual-task costs for whole trunk movement during gait. **Gait & Posture**, v. 33, n. 4, p. 712-714, 2011.

FONSECA, S.T.; SILVA, P.L.; OCARINO, J.M.; GUIMARAES, R.B.; OLIVEIRA, M.T.; LAGE, C.A. Analyses of dynamic co-contraction level in individuals with anterior cruciate ligament injury. **J Electromyogr Kinesiol**, v. 14, n. 2, p. 239-247, 2004.

GOLDBERG, E.J.; NEPTUNE, R.R. Compensatory strategies during normal walking in response to muscle weakness and increased hip joint stiffness. **Gait & Posture**, v. 25, n. 3, p. 360-367, 2007.

KERRIGAN, D.C.; LEE, L.W.; COLLINS, J.J.; RILEY, P.O.; LIPSITZ, L.A. Reduced hip extension during walking: healthy elderly and fallers versus young adults. **Arch Phys Med Rehabil**, v. 82, n. 1, p. 26-30, 2001.

NORDIN, E.; MOE-NILSSEN, R.; RAMNEMARK, A.; LUNDIN-OLSSON, L. Changes in step-width during dual-task walking predicts falls. **Gait & Posture**, v. 32, n. 1, p. 92-97, 2010.

Artigo

Título: Alterações nos padrões de marcha de jovens adultas: implicações da associação de tarefas.

Title: Changes in gait patterns of young adults: implications of the association tasks.

Autores: José Adolfo Menezes Garcia Silva¹; Camila Zamfolini Hallal²; Nise Ribeiro Marques²; Mauro Gonçalves³; Marcello Tavella Navega⁴.

1: Mestrando do Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento Humano e Tecnologias, Instituto de Biociências – UNESP – Campus de Rio Claro.

2: Doutoranda Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento Humano e Tecnologias, Instituto de Biociências – UNESP – Campus de Rio Claro.

3: Docente do Curso de Educação Física e do Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento Humano e Tecnologias, Departamento de Educação Física, Instituto de Biociências – UNESP – Campus de Rio Claro.

4: Docente do Curso de Fisioterapia, Departamento de Educação Especial, Faculdade de Filosofia e Ciências – UNESP – Campus de Marília e do Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento Humano e Tecnologias, Departamento de Educação Física, Instituto de Biociências – UNESP – Campus de Rio Claro.

Endereço para correspondência:

Marcelo Tavella Navega; Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”-Unesp - Av. Hygino Muzzi Filho, 737 Caixa postal 181 CEP 17525- 900 Marília, SP, Brasil.

Telefone: 14-3402-1331, FAX: 14-3402-1302

e-mail: navegamt@marilia.unesp.br

Resumo

Introdução: Caminhar pode parecer uma tarefa que requer pouca demanda atencional, contudo trata-se de uma atividade que requer cauteloso planejamento, monitoramento e coordenação adequada de uma seqüência de ações. **Objetivos:** Analisar o efeito da dupla tarefa sobre variáveis cinemáticas e cinéticas da marcha em adultos jovens. **Método:** Participaram do estudo 17 voluntárias jovens ($21,47 \pm 2,06$ anos). O teste foi realizado em quatro condições distintas: marcha normal (MN), dupla tarefa fácil (DTF), dupla tarefa difícil (DTD), e dupla tarefa mista (DTM). Para a análise dos dados cinemáticos foram usados os 10 primeiros ciclos consecutivos de cada condição. As variáveis analisadas foram o tempo e o comprimento da passada, assim como a ativação muscular e níveis de cocontração durante a realização dos testes. Para a análise do comprimento de passada, tempo de passada, e nível de cocontração foi utilizado o teste ANOVA One way, e Post hoc de Tukey Alpha. Para a análise dos dados de ativação muscular, foi usado o teste Anova de Friedman, e Post hoc de Dunns na comparação entre as diferentes condições de marcha. O nível de significância de foi estabelecido em 5% ($p < 0,05$). **Resultados:** Caminhar com a adição de tarefas cognitivas afetou significativamente os padrões de ativação muscular para sujeitos jovens, contudo não foram encontradas diferenças para o comprimento, tempo dos passos, nem para o nível de contração. **Conclusão:** Os dados do presente estudo, nas condições metodológicas propostas, permitem concluir que a competição entre recursos motores e cognitivos afeta significativamente os níveis de ativação muscular durante o desenvolvimento da marcha.

Palavras chave: Cocontração, Marcha, Dupla Tarefa.

Abstract

Introduction: Walking may seem like a chore that gives of little attentional demand, however it is an activity that requires careful planning, monitoring and coordination of an appropriate sequence of actions. Objectives: To analyze the effect of dual task on kinematic and kinetic variables of gait in young adults. **Method:** The study included 17 young volunteers (21.47 ± 6.2 years). The test was performed in four different conditions: normal walking (MN), dual easy task (FTD), dual task (DTD), and mixed double duty (TMD). For the analysis of kinematic data were used the first 10 consecutive cycles of each condition. The variables analyzed were the time and stride length, and muscle activation levels and cocontração during testing. For the analysis of stride length, stride time, and level of test was used cocontração One way ANOVA and post hoc Tukey's Alpha. For data analysis of muscle activation, we used the Friedman ANOVA and post hoc Dunns when comparing the different conditions of motion. The significance level was set at 5% ($p < 0.05$). **Results:** Walking with the addition of cognitive tasks significantly affected the patterns of muscle activation for young subjects, but no differences were found for the length of time steps, or to the level of contraction. **Conclusion:** The results of this study, the methodology proposed conditions allow to conclude that competition between cognitive and motor features significantly affect the levels of muscle activation during development of the march.

Key Works: Stiffness, Gait, Dual task.

Introdução

Caminhar pode parecer uma tarefa que requer pouca demanda atencional, contudo trata-se de uma atividade que requer cauteloso planejamento, monitoramento e coordenação adequada de uma seqüência de ações (NORDIN et al., 2010). Ao implementar uma segunda tarefa, como por exemplo uma demanda cognitiva, o controle motor sofre decréscimos na sua manutenção devido a necessidade de dividir a atenção entre estabilidade postural e execução da função cognitiva (KANG, LIPSITZ, 2010; WOOLLACOT, SHUMWAY-COOK, 2002; BEAUCHET et al., 2005; TSANG, LEE, FU, 2008; ABBUD, LI, DE MONT, 2009; SCHULTZ et al., 2010, LAMOTH et al., 2011).

Uma estratégia utilizada para identificar alterações no controle postural durante a marcha consiste na identificação das alterações dos parâmetros biomecânicos rítmicos da deambulação. Reconhecer mudanças na biomecânica da marcha configura-se como fator imprescindível para reconhecer mudanças nos padrões funcionais. Recentemente, as medidas dos parâmetros de marcha têm despertado grande interesse nos pesquisadores por tratar-se de um excelente preditor de quedas e declínio da mobilidade (BERLIN et al., 2005; BRACH et al., 2007; NAJAFI et al, 2009; CALLISAYA et al., 2010).

Dentre diversos componentes estruturais da deambulação, o tempo, o comprimento, e ativação muscular e o nível de cocontração durante as passadas são variáveis que podem ser consideradas preditoras de declínio funcional e risco de quedas, identificando padrões anormais de deslocamento e situações de maior risco (REELICK et al., 2009; SCHULTZ, LLOYD, LEE, 2010).

A cocontração é vinculada à estabilidade articular. Seu nível de ativação depende da capacidade de gerar torque da articulação avaliada, em casos de indivíduos com baixa

capacidade de gerar força muscular, a presença de cocontração fica mais evidente, com aumento da congruência entre as superfícies articulares como forma de proteger o conjunto (FONSECA et al., 2004; GOLDBERG, NEPTUNE, 2007). Durante a marcha, a cocontração pode repercutir em diminuição do comprimento de passada, diminuição da velocidade de marcha e restrições na amplitude de movimento das articulações do quadril, joelho e tornozelo (KERRIGAN et al., 2001; RILEY, DELLACROCE, KERRIGAN, 2001).

Executar tarefas associadas à deambulação, como a realização de expressões matemáticas ou simplesmente conversar com outra pessoa, pode desencadear alterações nos padrões de marcha (WOOLLACOTT, SHUMWAY-COOK, 2002; AL-YAHYA et al., 2011), com aumento significativo no declínio do controle postural relacionado ao aumento do nível de exigência da tarefa associada (DOI et al., 2011; NORDIN et al., 2010). As mudanças nos padrões de marcha associadas a execução de tarefas cognitivas são atribuídas a competição por recursos executores limitados no sistema nervoso central (WOOLLACOTT, SHUMWAY-COOK, 2002; BRACH et al., 2008; BEAUCHET et al., 2009). Assim associar tarefas, mesmo que em diferentes níveis de complexidade cognitiva, pode repercutir degradando o controle motor durante a marcha, provocando aumento do risco de quedas, alterações no comprimento, velocidade, ativação muscular e nível de cocontração muscular durante a deambulação (BRACH et al., 2008; BEAUCHET et al., 2009; NORDIN et al., 2010; KERRIGAN et al., 2001; GOLDBERG, NEPTUNE, 2007).

Para realizar as análises biomecânicas da marcha, os parâmetros cinemáticos e eletromiográficos têm se mostrado eficiente na identificação de alterações nos padrões de movimento e no comportamento neuromuscular. Deste modo, o objetivo deste estudo foi analisar o efeito da dupla tarefa sobre o comportamento de variáveis cinemáticas e

eletromiográficas da marcha. Com subsídio das fundamentações teóricas descritas, foi hipotetizado que desafios cognitivos impostos durante a marcha alteram o comportamento de indicadores biomecânicos associados a irregularidades na manutenção dos padrões do andar.

Métodos

O presente estudo caracteriza-se como transversal, experimental, randomizado, controlado de amostragem consecutiva, foi aprovado em comitê de ética da Universidade Estadual Julio de Mesquita Filho, Câmpus de Rio Claro (processo número 69/2009) e todas as participantes assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido.

Participantes

Os critérios de exclusão adotados foram a presença de dor, fratura, ou lesão grave em tecidos moles nos 6 meses pregressos ao estudo, bem como histórico de alterações neurológicas, cardiovasculares ou respiratórias. As voluntárias que relataram tontura ou mal estar durante a realização dos testes também foram excluídos da amostra. Participaram do estudo 17 jovens do sexo feminino com idade entre 18 e 25 anos, estudantes universitárias, praticantes de atividade física pelo menos três vezes por semana (Tabela 1).

Tabela 1: Características das voluntárias

Características	
Idade (anos)	21,47 ($\pm 2,06$)
Massa corporal (Kg)	60,68 ($\pm 5,93$)
Estatura (m)	1,63 ($\pm 0,05$)
Velocidade de preferência (m/s)	0,95 ($\pm 0,84$)

Kg: quilogramas; m: metros; m/s: metros/segundo

Procedimentos

Antes do início dos procedimentos, as voluntárias foram acoplados a um cinto de segurança modelo pára-quedista para prevenir quedas durante a execução dos testes, em seguida realizaram o processo de escolha da velocidade de preferência e a familiarização com a marcha na esteira para a execução dos testes. Todo o procedimento foi realizado com a esteira sem inclinação, de forma a reproduzir a dinâmica da marcha sobre terreno plano.

Para a escolha da velocidade de preferência cada voluntária iniciou o protocolo em velocidade de 2 Km/h, caso o sujeito referisse a necessidade de aumentar a velocidade para melhor se adequar ao seu padrão de caminhada normal, era acrescido 0,5 Km/h, se existisse a necessidade de diminuir a velocidade, o decréscimo seria na ordem de 0,1 Km/h. A operação era realizada até a adequação ideal da velocidade de preferência (DINGWELL, MARTIN, 2006). O processo de familiarização consistia em realizar a caminhada na velocidade de preferência durante o período de três minutos.

Após a familiarização foram iniciados os testes de marcha compostos por quatro condições distintas: marcha normal (MN), dupla tarefa fácil (DTF), dupla tarefa difícil (DTD) e dupla tarefa mista (DTM). A ordem de execução das condições foi aleatorizada por meio de um sorteio simples para cada voluntária. Todas as condições foram desenvolvidas durante 3 minutos obedecendo à velocidade de preferência auto selecionada durante o período de adaptação. Para a MN as voluntárias foram solicitadas a andar na esteira sem adição de tarefas concomitantes. Para a realização da DTF as voluntárias deveriam responder a contas de subtração de algarismos de 1 a 99 (escolhidos aleatoriamente) sempre menos 1. Durante DTD as participantes deveriam responder a contas de subtração de algarismos entre 1 a 99 (escolhidos aleatoriamente) sempre menos 7 (não foram incluídos números terminados em 7 ou 0). E finalizando a DTM era composta de contas de subtração de algarismos de 1 a 99 (escolhidos aleatoriamente) variando entre contas de menos 7 e menos 1 (ABBUD, LI, De MONT, 2009).

Para a coleta dos dados eletromiográficos foi utilizado o módulo de aquisição de sinais biológicos por telemetria Myoresearch (Noraxon[®]) de 16 canais com resolução de 12 Bits e modo de rejeição comum de 90dB, e *software* Myoresearch (Noraxon[®]). As coletas dos dados cinemáticos foram feitas no plano sagital por meio de uma câmera digital

((Panasonic® NVGS 320) com frequência de amostragem de 100qps e *software* de análise de imagem (Vicon® 9.0 – Peak Motus). Os testes de marcha foram realizados em uma esteira ergométrica Millennium Super ATL (INBRAMED®).

Os sinais eletromiográficos foram coletados durante todo o teste de marcha. Eletrodos de superfície Ag/AgCl (Meditrace®) foram dispostos em configuração bipolar. Cada eletrodo possui área de captação de 1centímetro (cm) de diâmetro e distância intereletrodos foi estabelecida em 2cm. Previamente a colocação dos eletrodos, foi realizada a tricotomia, abrasão com lixa fina e limpeza da pele com álcool, como forma de evitar possíveis interferências no sinal eletromiográfico (GONÇALVES, BARBOSA, 2005). Os músculos avaliados foram: reto femoral (RF), vasto lateral (VL), vasto medial (VM), bíceps femoral cabeça longa (BF), tibial anterior (TA), gastrocnêmio lateral (GL) e sóleo (SO). O eletrodo de referência foi posicionado sobre o maléolo lateral direito. A colocação dos eletrodos foi realizada segundo as normas do SENIAM (HERMENS et al., 2000). Os dados cinemáticos foram coletados no plano sagital com marcadores reflexivos posicionados no maléolo lateral direito e entre as cabeças do primeiro e segundo metatarsos direito e esquerdo.

Processamento dos sinais

Para a análise dos dados eletromiográficos e cinemáticos foram usados a média dos valores referentes aos 10 primeiros ciclos consecutivos de marcha iniciais das condições: MN, DTF, DTD e DTM. O início e o final dos ciclos foram determinados pelo momento de maior distância entre o ponto reflexivo do maléolo direito e metatarso esquerdo, no momento do toque do calcâneo direito, de acordo com protocolo adaptado de Kang, Dingwell (2008).

Os sinais eletromiográficos foram coletados com frequência de amostragem de 1000Hz e processados por meio de rotinas desenvolvidas em ambiente MatLab 7.0[®]. Foi utilizado filtro passa alta de 20Hz, passa baixa de 500Hz, notch de 60Hz, com ganho de 2000 vezes, os dados foram retificados para a criação do envelope linear. Os dados retificados foram interpolados em 501 pontos sobre cada um dos 10 ciclos de marcha em cada condição. Os valores de envelope linear de cada sujeito foram normalizados pela média dos valores da condição de marcha normal para cada músculo.

O percentual de cocontração foi calculado pela área de ativação muscular referente ao envelope linear da seguinte combinação de músculos: RF com BF, VM com BF, VL com BF, TA com GL, e TA com SO de acordo com a equação abaixo, como proposto por (WINTER, 2005; CANDOTTI et al.; 2009).

$$\%COCON = 2 \times \frac{\text{área comum A\&B}}{\text{área A} + \text{área B}} \times 100$$

%COCON: Percentual de cocontração muscular; área comum A&B: área de ativação muscular comum no envelope linear dos músculos agonista e antagonista; área A: área de ativação agonista; área B área de ativação antagonista.

As variáveis cinemáticas analisadas foram o comprimento e o tempo de passada. Os dados foram processados por meio do *software* de análise de imagem (Vicon[®] 9.0 – Peak Motus). Os valores de comprimento de passada foram normalizados pelo tamanho do membro inferior direito de cada voluntária. As análises estatísticas foram realizadas por meio do software PASW *statistics* 18.0[®]. Todas as variáveis passaram por verificação de normalidade pela aplicação do teste de Shapiro-Wilk. Para a análise do comprimento de passada, tempo de passada, e percentual de cocontração foi utilizado o teste ANOVA One way. Para a análise dos dados de ativação muscular, foi usado o teste Anova de Friedman, e

Post hoc de Dunns na comparação entre as diferentes condições de marcha. O nível de significância de foi estabelecido em 5% ($p < 0,05$).

Resultados

Ao analisarmos o desempenho das voluntárias, referente ao tempo e ao comprimento das passadas, para as diversas condições as quais elas foram submetidas durante o teste não foram encontradas diferenças significativas entre o tempo ($p=0,91$) e comprimento de passadas ($p=0,99$) durante a execução das tarefas. As Figuras 1 e 2 representam o desempenho das voluntárias, referente ao tempo de passada e ao comprimento das passadas.

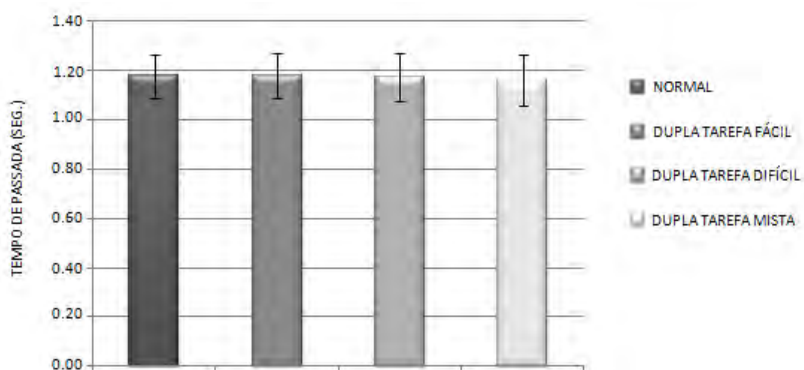


Figura 1: Valores de média e desvio padrão para o tempo de passada para as diversas etapas do teste.

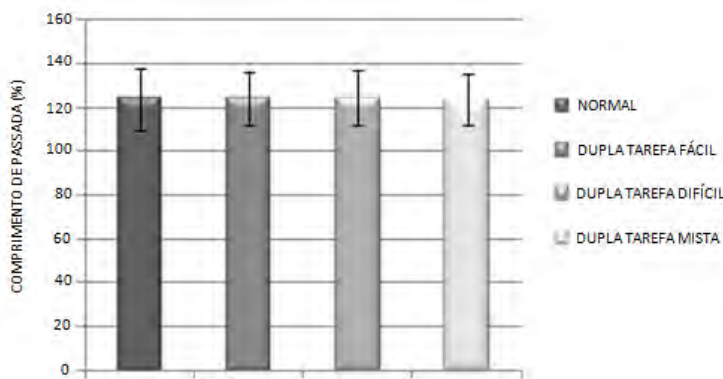


Figura 2: Valores de média e desvio padrão para o comprimento de passada para as diversas etapas do teste.

A Figura 3 mostra os dados referentes à ativação muscular do RF, VM, VL, BF, TA, GL e SO, respectivamente, para o grupo de jovens nas condições de MN, DTF, DTD e DTM.

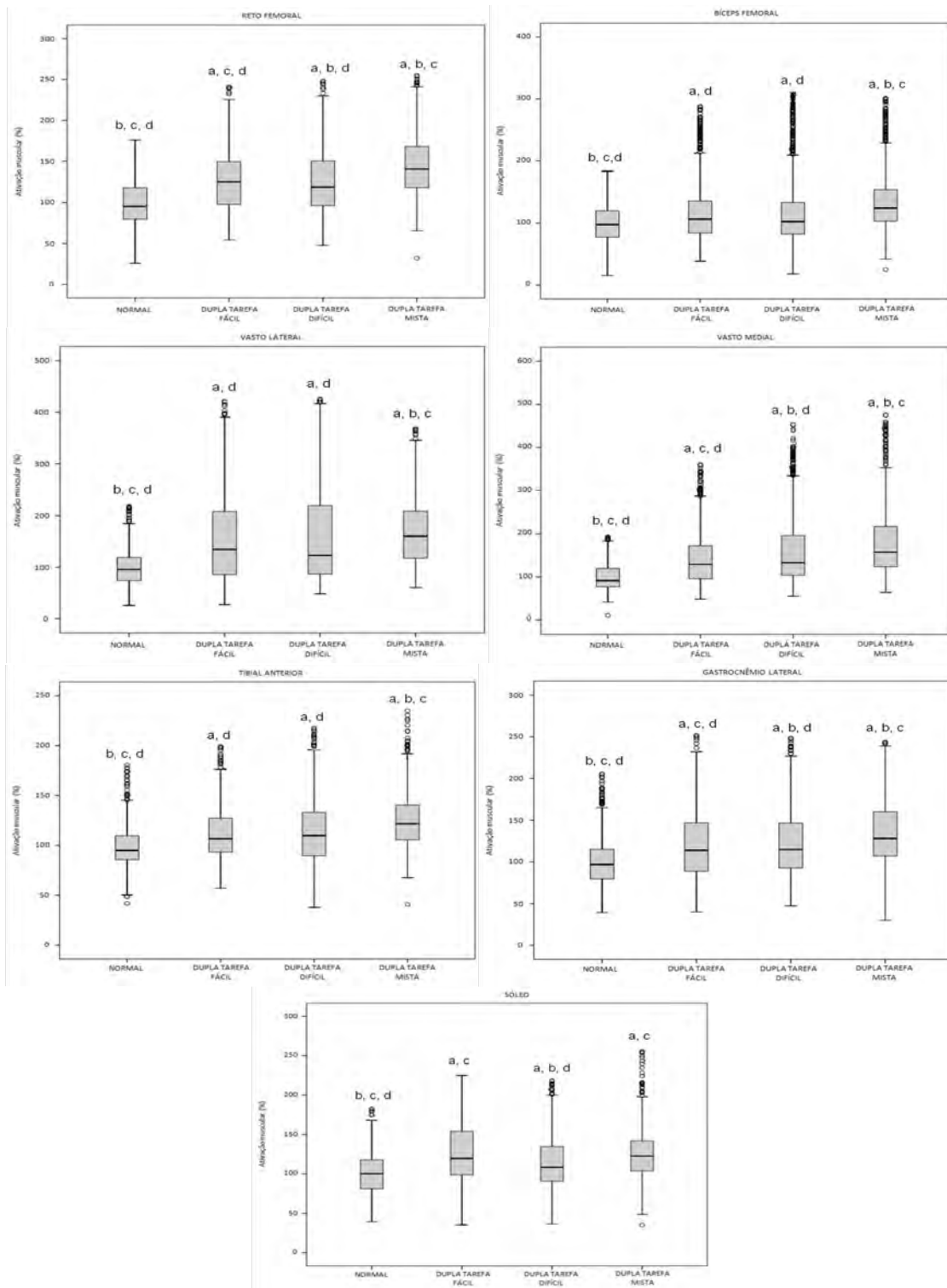


Figura 3: Valores de mediana e quartis de ativação muscular do reto femoral, bíceps femoral, vasto lateral, vasto medial, tibial anterior, gastrocnêmio lateral, e sóleo para as condições de marcha normal, dupla tarefa fácil, dupla tarefa difícil e dupla tarefa mista.

^a: Apresenta diferença significativa com marcha normal. ^b: Apresenta diferença significativa com dupla tarefa fácil. ^c: Apresenta diferença significativa com dupla tarefa difícil. ^d: Apresenta diferença significativa com dupla tarefa mista.

As ativações musculares do RF, VM, VL, BF, TA, GL e SO mostraram diferenças significativas entre a condição de MN para as demais condições para todos os músculos. Não foram encontradas diferenças significativas ($p > 0,05$) entre a ativação muscular do VL para a comparação entre DTF e DTD, para o músculo BF na comparação entre DTF e DTD, TA entre DTF e DTD, e SO entre DTF e DTM. Para todas as demais comparações foram encontradas diferenças significativas ($p < 0,05$).

Na Figura 3 pode-se observar similaridade na distribuição dos dados de ativação muscular quando as participantes executavam a condição MN. Para as demais condições, observa-se aumento da amplitude entre os valores máximos e mínimos, com crescimento do quartil superior e presença de *outliers* acima da linha de contenção superior. Os valores de mediana apresentaram pouca variação com leve tendência ao acréscimo dos valores quando comparada a condição de MN com as demais condições.

A Figura 4 representa o desempenho das voluntárias, referente ao percentual de cocontração, para as diversas condições as quais elas foram submetidas durante o teste.

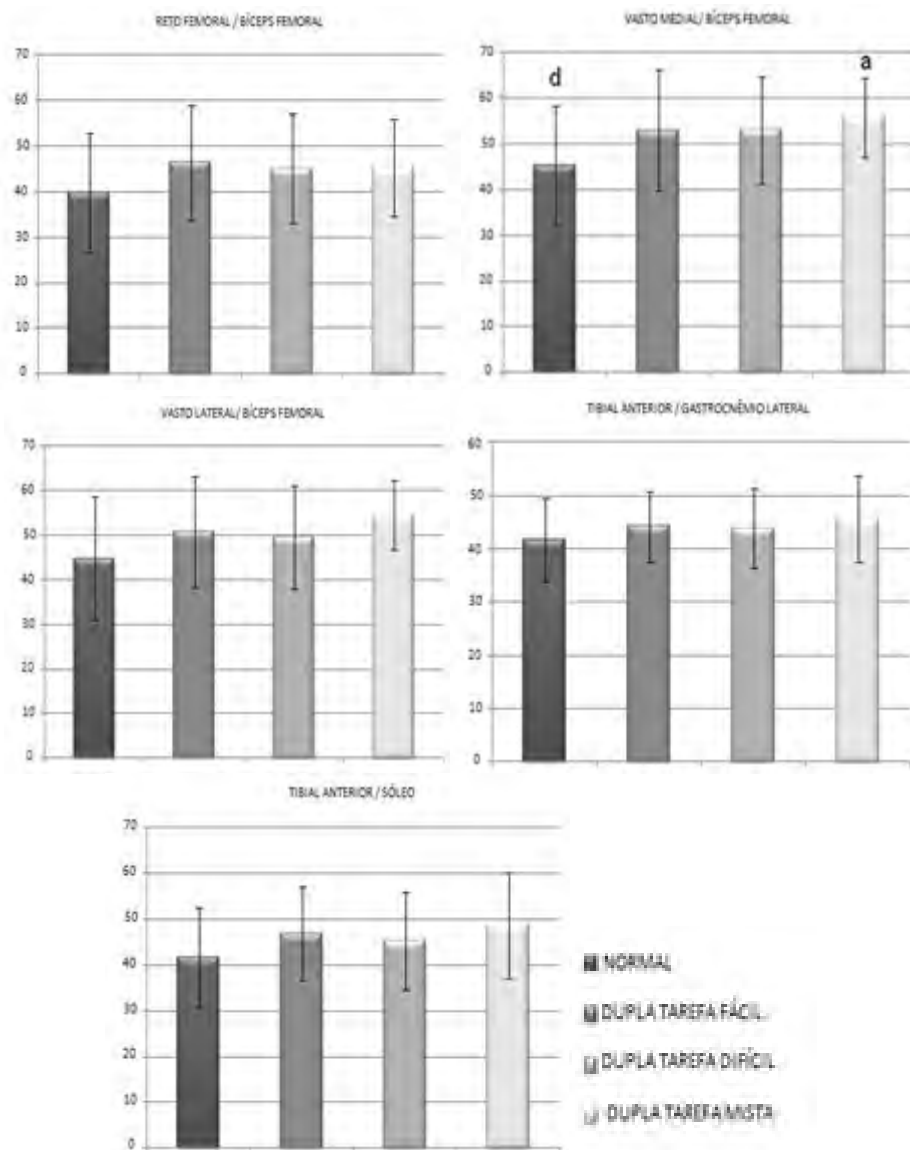


Figura 4: Valores de média e desvio padrão para o percentual de cocontração nas diversas etapas do teste entre os músculos reto femoral/ bíceps femoral, vasto medial/ bíceps femoral, vasto lateral/ bíceps femoral, tibial anterior/ gastrocnemio lateral, e tibial anterior/ sóleo. ^a: Apresenta diferença significativa com marcha normal. ^d: Apresenta diferença significativa com dupla tarefa mista.

A cocontração muscular entre os músculos VM/BF mostrou diferença significativa apenas entre as condições de MN e DTM ($p= 0,04$), enquanto que para os demais músculos não foram encontradas diferenças significativas nos níveis de cocontração entre as diferentes condições de dupla tarefa impostas.

Discussão

O presente estudo propôs analisar as respostas musculares frente a perturbações durante a marcha. A simulação do caminhar associado a demais tarefas, como realizar equações matemáticas, foi escolhida devido sua familiaridade e recorrência com situações extralaboratoriais. Cabe ressaltar que instabilidades posturais durante a marcha são comumente observadas na população, mesmo em sujeitos que não apresentem nenhum comprometimento associado, como doenças musculoesqueléticas ou distúrbios no sistema nervoso. As instabilidades posturais estão sobre foco de análise de diversos estudos (LORD, DAYHEW, 2001; HORTOBÁGYI et al., 2009; ROCHAT et al., 2010) e podem ser decorrentes de uma combinação de fatores, entre eles o incremento de tarefas durante a deambulação.

Para compreender os efeitos de sobrecargas psicológicas na dinâmica muscular durante o processo de deambulação propusemos situações corriqueiras, como efetuar expressões algorítmicas ao caminhar. Com o implemento de sobrecargas informacionais, foi investigado indicadores biomecânicos de alterações nos padrões de marcha. Os resultados do presente estudo mostraram: I) não haver diferença no tempo e no comprimento de passos nas etapas do teste; II) o nível de ativação muscular mostrou-se alterada para os músculos RF, VM, GL em todas as condições; III) para os músculos VL, BF e TA apenas não foi encontrada diferença entre as condições DTF e DTD; IV) para o SO não foi encontrada diferença somente entre as condições DTF e DTM, V) aumento da atividade de cocontração com ocorrência de diferença estatística significativa apenas para os

músculos VM/BF entre as condições de MN e DTM, enquanto que nas demais condições não foi encontrada diferença significativa para o nível de cocontração muscular.

A execução da marcha não deve ser considerada como um ato exclusivamente automático ou meramente reflexo e sim um processo que requer associação de respostas cognitivas e musculares para gerar uma execução adequada (WOOLLACOT, SHUMWAY-COOK, 2002; BEAUCHET et al., 2003; ABBUD, LI, DE MONT, 2009).

Recentemente, avaliações biomecânicas têm despertado grande interesse nos pesquisadores por tratar-se de um excelente preditor de quedas e declínio da mobilidade e da funcionalidade (BERLIN et al., 2005; BRACH et al., 2007; NAJAFI et al., 2009; CALLISAYA et al., 2010). Alterações na cadência, tempo de realização do passo, passada e inconstância na distância percorrida entre as passadas configurasse como um forte indicativo de instabilidade e reflete distúrbios no controle motor (BEAUCHET et al., 2005; HAUSDORF et al., 2007; BRACH et al., 2008; CALLISAYA et al., 2010). Indivíduos que se utilizam destas estratégias adaptativas quando expostos a situações, como o caso da execução de tarefas simultâneas a marcha, são sujeitos com prováveis déficits neuromusculares, no geral a adoção de um andar lentificado com base de suporte ampliada e velocidade reduzida são as estratégias mais utilizadas para compensar declínios funcionais (PRIEST, SALAMON, HOLLMAN, 2008; HORTOBAGYI et al., 2009), sendo mais visível em sujeitos idosos devido a tendência natural de desgaste das redes neurais destinadas tanto ao planejamento quanto a execução das tarefas cognitivas e motoras.

Com o objetivo de estudar comportamentos motores associados à execução de tarefas cognitivas Schultz, Lloyd, e Lee (2010) propuseram para sujeitos adultos a execução simultânea de marcha com três tarefas distintas associadas, respectivamente foi solicitado a caminhada em velocidade de preferência carregando um cesto de nove quilogramas (Kg),

posteriormente carregar um copo com água sobre uma bandeja, e para finalizar responder a questões previamente delimitadas, os resultados encontrados mostraram a adoção de passos mais lentos e curtos durante a execução da marcha associada em relação a marcha isenta de tarefas concomitantes.

Outro exemplo que ilustra a aplicação do conceito da dupla tarefa, e seus efeitos na modulação do comportamento motor é o trabalho apresentado por Lamoth et al. (2011) o qual, após submeter grupos de idosos ao caminhar associado ao falar palavras que começassem com as letras “r” e “g”, foi observado respostas adaptativas relacionadas com a diminuição da velocidade de preferência, aumento do tempo do passo, e diminuição do controle das oscilações do tronco. Outro acontecimento importante evidenciado pelo grupo de autores foi a relação existente entre déficits cognitivos e incapacidade de manutenção dos padrões de marcha durante a execução da tarefa de fluência verbal, esta relação deve ser levada em consideração uma vez que a tarefa associada foi eleita tendo em vista sua necessidade de recrutamento da função executiva de nível central para a sua realização, fato este que reafirma a modulação do sistema nervoso central sobre o controle dos padrões de marcha.

Diferindo dos achados de Schultz, Lloyd e Lee (2010), e Lamoth et al. (2011), no presente estudo não foi possível constatar diferenças significantes para o tempo de passada e para o comprimento dos passos para indivíduos jovens. Uma provável explicação para este fato pode ser vinculada a complexidade das tarefas cognitiva e motora propostas serem menos exigentes do que a tarefa proposta pelos demais estudos. A diferença entre a faixa etária dos participantes pode também ser um fator determinante no desempenho. O método adotado com a reprodução da marcha sobre esteira pode ser outro fator responsável por não

ocorrer diferenças entre tempo e comprimento de passos, tendo em vista que a cadência fica praticamente constante.

Outra análise realizada baseou-se na prerrogativa que adição de tarefas cognitivas pode alterar o padrão da ativação muscular durante a marcha devido a concorrência neural durante o processamento cognitivo. Manter a coordenação e a ativação seqüencial muscular adequada durante a marcha é um mecanismo fundamental para a execução adequada da trajetória preestabelecida, além de minimizar o gasto energético e melhorar a função (PRIEST, SALAMON, HOLLMAN, 2008).

No presente estudo foram encontradas alterações nos padrões de ativação muscular durante a realização da marcha em diferentes demandas cognitivas. Todos os músculos avaliados apresentaram diferenças em seu nível de ativação em decorrência das diversas condições de dupla tarefa, sendo que estas variações podem provocar falhas na manutenção dos parâmetros de marcha e ocasionar ineficiência na manutenção da atividade em desempenho (WINTER, 1992).

Abbud, Li, DeMont, (2009), ao proporem execução associada da marcha com resolução de expressões matemáticas, identificaram competição por recursos executivos durante sua associação, denegrindo a execução tanto da tarefa motora quanto da tarefa cognitiva com aumento significativo de padrões de respostas tidos como errados e do tempo de latência para as respostas durante a execução de dupla tarefa difícil. Estes autores abordaram as respostas musculares como sendo indicativos da distribuição dos recursos neurais para execução das atividades propostas, levantando a hipótese que com o aumento da demanda cognitiva existiria uma diminuição das respostas musculares associadas as tarefas motoras propostas. Nossos resultados sobre o perfil de ativação muscular durante o desempenho da dupla tarefa não corroboram com os resultados expostos por Abbud, Li,

DeMont, (2009), tendo em vista que em nosso estudo o padrão de ativação muscular obteve acréscimo durante a associação de tarefas. Uma provável explicação é que propomos a realização da marcha em velocidade de preferência sem alterações de velocidade, uma vez que caminhar em velocidades fora da faixa de preferência pode predispor os sujeitos a maiores interferências cognitivas (PLUMMER-D'AMATO, ALTMANN, REILLY, 2011). Outro fator que pode ser levado em consideração é o fato da velocidade ser controlada levando as participantes a necessitar de maior ativação muscular para manter o mesmo desempenho motor durante a marcha em esteira.

Desviar recursos neurais destinados a manutenção do controle postural pode acarretar em diminuição da estabilidade postural, aumentar a amplitude das oscilações do centro de massa (KANG, LIPSITZ, 2010), para buscar garantir o equilíbrio corporal adequado. O aumento da cocontração é relacionado por alguns autores (FONSECA et al., 2004; GOLDBERG, NEPTUNE, 2007) como um mecanismo que promove aumento da estabilidade articular frente a estímulos ao desequilíbrio.

A competição por recursos neurais poderia ocasionar decréscimo da atenção necessária para o controle postural com insuficiência ou ativação inadequada das cadeias musculares (DONKER et al., 2007; PRADO et al. , 2007; HOBARA et al. 2010). Em nosso estudo, não foi encontrado cocontração como fator preponderante durante o ajuste postural frente ao implemento da dupla tarefa, com diferença significativa apenas para VM/ BF entre as condições de MN e DTM. Os níveis de cocontração não se alterarem durante a execução de dupla tarefa sugere que as atividades propostas, não se apresentaram como fatores de perturbação suficientes para causarem aumento generalizado da cocontração dos músculos dos membros inferiores. Alguns autores (KANG, LIPSITZ, 2009; NORDIN et al., 2010; DOI et al, 2011) observaram que o aumento da cocontração assim como o

desempenho durante o implemento de tarefas associadas aos padrões de movimento primários podem repercutir diferentes respostas de acordo com o grau de exigência das tarefas propostas. Os resultados do presente estudo pode ser explicado pela conservação da função executiva nos indivíduos jovens (SIU et al., 2009). Hipotetizamos que para a demanda oferecida neste estudo o padrão de ativação muscular seja uma variável mais representativa do que o nível de cocontração. Sendo assim, sugere-se que para indivíduos adultos jovens, a manutenção da estabilidade da marcha frente a situações perturbadoras que requerem atenção cognitiva são primariamente conservada com alterações nos níveis de ativação muscular. Ao considerar que as cocontrações foram pouco representativas, sugere-se que este mecanismo atue para auxiliar no controle articular em situações mais exigentes, por exemplo, quando a função executiva dos sujeitos esteja sobrecarregada devido a presença de distúrbios cognitivos, presença de associação de tarefas muito complexas ou em idades avançadas associada a fragilidade (BEAUCHET et al., 2009; SIU et al., 2009; LAMOTH et al., 2011).

O presente estudo apresenta limitações: não foi realizado a divisão das respostas musculares para cada fase da marcha em que elas ocorriam, o que permite que a avaliação seja realizada somente considerando a marcha como um todo, fato que pode gerar a perda de algumas informações referentes ao comportamento muscular nas fases da marcha.

Conclusão

Os dados do presente estudo, nas condições metodológicas utilizadas, permitem concluir que a competição entre recursos motores e cognitivos afeta significativamente os níveis de ativação muscular durante o desenvolvimento da marcha de mulheres adultas jovens.

Referências

- ABBUD, G.A.C.; LI, K.Z.H.; DeMont, R.G. Attentional requirements of walking according to the gait phase and onset of auditory stimuli. **Gait & Posture**, v. 30, p. 227-232, 2009.
- AL-YAHYA, E.; DAWES, H.; SMITH, L.; DENNIS, A.; HOWELLS, K.; COCKBURN, J. Cognitive motor interference while walking: a systematic review and meta-analysis. **Neurosci Biobehav Rev**, v. 35, n. 3, p. 715-728, 2011.
- ALLALI, G.; ASSAL, F.; KRESSIG, R.W.; DUBOST, V.; HERRMANN, F.R.; BEAUCHET, O. Impact of impaired executive function on gait stability. **Dement Geriatr Cogn Disord**, v. 26, n. 4, p. 364-369, 2008.
- BEAUCHET, O.; ALLALI, G.; ANNWEILER, C.; BRIDENBAUGH, S.; ASSAL, F.; KRESSIG, R.W.; HERRMANN, F.R. Gait variability among healthy adults: low and high stride-to-stride variability are both a reflection of gait stability. **Gerontology**, v. 55, p. 702-706, 2009.
- BEAUCHET, O.; DUBOST, V.; AMINIAN, K.; GONTHIER, R.; KRESSIG, R.W. Dual-task-related gait changes in the elderly: does the type of cognitive task matter? **J Mot Behav**, v. 37, p. 259-264, 2005.
- BEAUCHET, O.; KRESSIG, R.W.; NAJAFI, B.; AMINIAN, K.; DUBOST, V.; MOUREY, F. Age-related decline of gait control under a dual-task condition. **J Am Geriatr Soc**, v. 51, p. 1187- 1188, 2003.
- BERLIN, J.E.; Van SWCARINGER, J.M.; NEWMAN, A.B.; STUDENSKI, S.A. Too much or too little step width variability is associated with a fall history in older person who walk at or near normal gait speed. **J Neuroengineering Rehabil**, v. 2, p.21, 2005.
- BRACH, J.S.; STUDENSKI, S.; PERERA, S.; VANSWCARINGER, J.M.; NEWMAN, A.B. Stance time and step width variability have unique contribution impairments in older person. **Gait & Posture**, v. 27, p. 431-439, 2008.
- BRACH, J.S.; STUDENSKI, S.A.; Van SWCARINGER, J.M.; NEWMAN, A.B. Gait variability and the risk of incident mobility disability in community-dwelling older adults. **J Gerontol A Biol Sci Med Sci**, v. 62, p. 983-988, 2007.
- CALLISAYA, M.L.; BLIZZARD, L.; SCHMIDT, M.D.; McGinley, J.L.; SRIKANTH, V.K. Ageing and gait variability—a population-based study of older people. **Age and Ageing**, v. 39, p. 191-197, 2010.
- CANDOTTI, C.T.; LOSS, J.F.; BAGATINI, D.; SOARES, D.P.; ROCHA, E.K.; OLIVEIRA, A.R.; GUIMARÃES, A.C.S. Cocontraction and economy of triathletes and cyclists at different cadences during cycling motion. **J Electromyogr Kinesiol**, v. 19, p. 915-921, 2009.

- DINGWELL, J.B.; MARTIN, L.C. Kinematic variability and local dynamic stability of upper body motions when walking at different speeds. **J Biomech**, v. 39, p. 444-452, 2006.
- DOI T, ASAI T, HIRATA S, ANDO H. Dual-task costs for whole trunk movement during gait. **Gait & Posture**, v. 33, n. 4, p. 712-714, 2011.
- DONKER, S.F.; ROERDINK, M.; GREVEN, A.J.; BEEK, P.J. Regularity of center of pressure trajectories depends on the amount of attention invested in postural control. **Exp Brain Res**, v. 181, n. 1, p. 1–11, 2007.
- FONSECA, S.T.; SILVA, P.L.; OCARINO, J.M.; GUIMARAES, R.B.; OLIVEIRA, M.T.; LAGE, C.A. Analyses of dynamic co-contraction level in individuals with anterior cruciate ligament injury. **J Electromyogr Kinesiol**, v. 14, n. 2, p. 239-247, 2004.
- GOLDBERG, E.J.; NEPTUNE, R.R. Compensatory strategies during normal walking in response to muscle weakness and increased hip joint stiffness. **Gait & Posture**, v. 25, n. 3, p. 360-367, 2007.
- GONÇALVES, M.; BARBOSA, F. Análise de parâmetros de força e resistência dos músculos eretores da espinha lombar durante a realização de exercício isométrico em diferentes níveis de esforço. **Rev Bras Med Esporte**, v. 11, n. 2, p. 102-114, 2005.
- HAUSDORFF, J.M. Gait dynamics, fractals and falls: finding meaning in the stride-tostride fluctuations of human walking. **Hum Mov Sci**, v. 26, p. 555-589, 2007.
- HERMENS, J.H.; FRERIKS, B.; DISSELHORST-KLUG, C.; RAU, G. Development of recommendations for SEMG sensors and sensor placement procedures. **J Electromyogr Kinesiol**, v. 10, p. 361–374, 2000.
- HOBARA, H.; INOUE, K.; MURAOKA, T.; OMURO, K.; SAKAMOTO, M.; KANOSUE, K. Leg stiffness adjustment for a range of hopping frequencies in humans. **J Biomech**, v. 43, n. 3, p. 506-511, 2010.
- HORTOBÁGYI T, SOLNIK S, GRUBER A, RIDER P, STEINWEG K, HELSETH J, DEVITA P. Interaction between age and gait velocity in the amplitude and timing of antagonist muscle coactivation. **Gait & Posture**, v.29, p. 558-564, 2009.
- KANG, H.G.; DINGWELL, J.B. Separating the effects of age and walking speed on gait variability. **Gait & Posture**, v. 27, p. 572-577, 2008.
- KANG, H.G.; LIPSITZ, L.A. Stiffness control of balance during quiet standing and dual task in older adults: the MOBILIZE Boston Study. **J Neurophysiol**, v. 104, n. 6, p. 3510-3517, 2010.
- KERRIGAN, D.C.; LEE, L.W.; COLLINS, J.J.; RILEY, P.O.; LIPSITZ, L.A. Reduced hip extension during walking: healthy elderly and fallers versus young adults. **Arch Phys Med Rehabil**, v. 82, n. 1, p. 26-30, 2001.

- LAMOTH, C.J.; Van DEUDEKOM, F.J.; VAN CAMPEN, J.P.; APPELS, B.A.; DE VRIES, O.J.; PIJNAPPELS, M. gait stability and variability measures of impaired cognition and dual tasking in frail people. **J Neuroeng Rehabil**, v. 8, n. 2, 2011.
- LORD, S.R.; DAYHEW, J. Visual factors for falls in older people. **J Am Geriatr Soc**, v. 49, p. 508-515, 2001.
- NAJAFI, B.; HELBOSTAD, J.; MOE-NILSSEN, R.; ZIJLSTRA, W.; AMINIAN, K. Does walking strategy in older people change as a function of walking distance? **Gait & Posture**, v. 29, p. 261-266, 2009.
- NORDIN, E.; MOE-NILSSEN, R.; RAMNEMARK, A.; LUNDIN-OLSSON, L. Changes in step-width during dual-task walking predicts falls. **Gait & Posture**, v. 32, n. 1, p. 92-97, 2010.
- PLUMMER-D'AMATO, P.; ALTMANN, L.J.; REILLY, K. Dual-task effects of spontaneous speech and executive function on gait in aging: exaggerated effects in slow walkers. **Gait Posture**, v. 33, n.2 p. 233-237, 2011.
- PRADO, J.M.; STOFFREGEN, T.A.; DUARTE, M. Postural sway during dual tasks in young and elderly adults. **Gerontology**, v. 53, n. 5, p. 274–281, 2007.
- PRIEST, A.W.; SALAMON, K.B.; HOLLMAN, J.H. Age-related differences in dual task walking: a cross sectional study. **J Neuroeng Rehabil**, v. 14, n. 5, 2008.
- REELICK, M.F.; VAN IERSEL, M.B.; KESSELS, R.P.; RIKKERT, M.G. The influence of fear of falling on gait and balance in older people. **Age Ageing**, v. 38, p. 435-440, 2009.
- RILEY, P.O.; DELLACROCE, U.; KERRIGAN, D.C. Effect of age on lower extremity joint moment contributions to gait speed. **Gait & Posture**, v. 14, n. 3, p. 264-260, 2001.
- ROCHAT, S.; BÜLA, C.J.; MARTIN, E.; SEEMATTER-BAGNOUD, L.; KARMANIOLA, A.; AMINIAN, K.; PIOT-ZIEGLER, C.; SANTOS-EGGIMANN, B. What is the relationship between fear of falling and gait in well-functioning older persons aged 65 to 70 years? **Arch Phys Med Rehabil**, v. 91, p. 879-884, 2010.
- SCHULTZ, B. W.; LLOYD, J. D.; LEE, W. E. The effects of everyday concurrent tasks on overgroun minimum toe clearance and gait parameters. **Gait & Posture**, v.32, n.1, p.18-22, mai. 2010.
- SIU, K.C.; CHOU, L.S.; MAYR, U.; VAN DONKELAAR, P.; WOOLLACOTT, M.H. Attentional mechanisms contributing to balance constraints during gait: the effects of balance impairments. **Brain Res**, v. 1248, p. 59-67, 2009.
- TSANG, W.W.; LEE, K.Y.; FU, A.S. Effects of concurrent cognitive task on pre-landing muscle response latency during stepping down activity in older adults with and without a history of falls. **Disabil Rehabil**, v. 30, p. 1116-1122, 2008.

WINTER, D.A., 2005. Winter, Biomechanics and motor control of human movement, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey (2005).

WINTER, D.A. Foot trajectory in human gait: a precise and multifactorial motor control task. **Physical Therapy**, v. 71, n. 1, p. 45-53, 1992.

WOOLLACOT, M.; SHUMWAY-COOK, A. Attention and the control of posture and gait: a review of an emerging area of research. **Gait & Posture**, v. 16, p. 1-14, 2002.