
Licenciatura Plena em Educação Física

Camila Barbarini Takaki

**Comparação do efeito da fadiga muscular
no andar livre e adaptativo entre adultos
jovens e idosos**

A large, abstract graphic in the bottom half of the page, consisting of a light blue background with a network of white lines forming a complex, interconnected pattern of triangles and polygons, resembling a molecular or cellular structure.

Rio Claro
2010

Camila Barbarini Takaki

Comparação do efeito da fadiga muscular no andar livre e adaptativo
entre adultos jovens e idosos

Orientador: Prof^a. Dr^a Lilian Teresa Bucken Gobbi

Co-orientador: Prof. Drdo. Fabio Augusto Barbieri

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Instituto de Biociências da Universidade
Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” -
Câmpus de Rio Claro, para obtenção do grau
de Licenciada em Educação Física

Rio Claro
2010

796.022 Takaki, Camila Barbarini
T136c Comparação do efeito da fadiga muscular no andar livre e adaptativo entre adultos jovens e idosos / Camila Barbarini Takaki. - Rio Claro : [s.n.], 2010
35 f. : il., figs., gráfs., tabs.

Trabalho de conclusão de curso (licenciatura - Educação Física) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências de Rio Claro

Orientador: Lilian Teresa Bucken Gobbi
Co-Orientador: Fabio Augusto Barbieri

1. Cinesiologia. 2. Envelhecimento. 3. Cinemática. 4. Parâmetros espaciais. 5. Parâmetros temporais. I. Título.

Ficha Catalográfica elaborada pela STATI - Biblioteca da UNESP
Campus de Rio Claro/SP

*Dedico este trabalho à minha mãe Nádia e minha irmã
Patricia, pois a família é a única coisa que vou levar desta vida e
elas realmente fazem parte de mim e me amam
incondicionalmente.*

Agradecimentos

Agradeço primeiramente aos meus pais, que me deram base e apoio necessários para eu poder chegar onde estou hoje. Mãe, sem você eu não seria nada, obrigada por sempre dar o seu melhor para que eu pudesse ser quem eu sou hoje, amo você!

Agradeço à minha irmã, por sempre estar presente nas horas mais difíceis e apoiar meus estudos de uma maneira que nem ela sabe como apoiou.

Agradeço à minha orientadora, Prof.^a Dr.^a Lilian Teresa Bucken Gobbi, por todo o conhecimento que adquiri em todos esses anos na Universidade.

Agradeço ao meu co-orientador, Prof. Fabio Augusto Barbieri, por direcionar este trabalho para que esse fosse realizado da maneira correta. Fabio, sem a sua orientação este trabalho não iria para lugar algum! Muito obrigada por não desistir de mim e por saber me guiar para que eu pudesse concluí-lo.

Agradeço aos meus amigos de sala, pelas amizades conquistadas durante estes anos, pelas horas de estudo e pelo aprendizado através da convivência. Este agradecimento se estende também aos alunos do curso de Bacharelado em Educação Física, pois sempre se mostraram amigos nas horas de dificuldade.

Agradeço à Cia Exciton, pois mesmo com tão pouco tempo de membro, aprendi a trabalhar com as diferenças e a gostar cada dia mais de vocês.

Agradeço a Angelica, Aline, Juliana, Leandro, Natália e Marcelo, pela grande amizade e carinho. Angel, Ni e Garuffi, obrigada por sempre estarem ao meu lado; Gulo, você foi a primeira pessoa que conheci e que adoro desde sempre, que a nossa amizade não se perca nunca; Jubras e Nati, os estágios foram só o começo de uma amizade que vai ser eterna para mim, obrigada por contribuírem na minha formação e vou levar sempre um pouco de vocês em minhas aulas e em minha vida.

Agradeço às pessoas que fazem e fizeram parte do LEPLO, por proporcionarem experiências que enriqueceram a minha formação, tanto profissional como pessoal.

Agradeço aos voluntários que gentilmente aceitaram participar deste trabalho, pois sem eles a sua realização não seria possível.

E finalmente, agradeço ao Leandro Sarti Luna, pelo companheirismo, paciência e dedicação nessa jornada que está apenas começando. Com você pude aprender muitas coisas, e uma delas é buscar ser quem eu realmente posso ser. Obrigada por fazer parte da minha vida.

RESUMO

A fadiga muscular é definida como uma falha no sistema neuromuscular na capacidade de gerar uma força requerida ou esperada. Quanto maior a idade do indivíduo, maior a probabilidade de chegar à fadiga, aumentando o risco de quedas.

Nessa forma, a fadiga pode influenciar no andar dos indivíduos, causando prejuízos no controle postural e podendo causar lesões musculoesqueléticas. A partir dos estudos realizados, percebe-se que a fadiga muscular pode prejudicar o desempenho do andar, sendo ele adaptativo ou não.

O objetivo do estudo foi analisar e comparar a influência da fadiga muscular sobre os parâmetros cinemáticos do andar livre e adaptativo entre adultos jovens e idosos.

Participaram do estudo 20 indivíduos, distribuídos em dois grupos etários: Adulto jovem - 20 a 40 anos e Idoso - a partir de 60 anos. Os participantes realizaram o andar livre e adaptativo percorrendo uma distância retilínea de 10 metros sobre um tapete de borracha com 1,4m de largura. Foram realizadas 6 tentativas para cada condição experimental.

Para a coleta dos dados cinemáticos dos ciclos do andar definidos foi utilizado um sistema tridimensional (3D) optoeletrônico de análise do movimento (OPTOTRA Certus – Motion Measurement System, NDI), com precisão de 0,1 mm, posicionado no plano frontal, face anterior, ao movimento do participante, com frequência de 100 Hz. A indução à fadiga será através da tarefa de sentar e levantar.

Para a comparação entre os dois grupos foram analisadas as seguintes variáveis espaciais e temporais do andar livre e adaptativo: comprimento de cada passo, largura de cada passo, velocidade média do andar, distância horizontal pré-obstáculo antes da ultrapassagem, distância horizontal depois do obstáculo e distância vertical pré-obstáculo. Estas variáveis foram analisadas durante o ciclo do andar antes e após a fadiga muscular.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	7
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	10
2.1. O processo de envelhecimento e o andar livre e adaptativo.....	10
2.2. Fadiga e processo de envelhecimento.....	11
3. OBJETIVO	13
4. MATERIAIS E MÉTODO.....	14
4.1. Participantes.....	14
4.2. Procedimentos.....	14
4.3. Análise dos dados.....	17
5. RESULTADOS.....	18
6.1. Parâmetros Espaciais.....	18
6.2. Parâmetros Temporais.....	20
6.3. Velocidade do Andar.....	22
6.4. Parâmetros do Andar Adaptativo.....	23
6. DISCUSSÃO.....	25
7. CONCLUSÃO.....	27
8. REFERÊNCIAS.....	28
I. ANEXO.....	31

1. INTRODUÇÃO

O envelhecimento é um processo de desgaste do corpo, que ocorre quando os indivíduos atingem a idade adulta. Ele é caracterizado pela passagem do tempo, fazendo com que os indivíduos comecem a ter certas dificuldades provenientes dos desgastes naturais, afetando o sistema sensorio-motor e cognitivo (MCKENZIE; BROWN, 2004) e a capacidade de geração de força muscular (MERLETTI et al, 2002). Há ainda uma piora na mobilidade funcional e na estabilidade postural, que durante as atividades da vida diária podem causar declínio na velocidade (PRINCE et al, 1997) e ainda aumenta o risco de quedas (DRAGANICH; KUO, 2004).

O andar é a forma mais comum de interação entre o ambiente e o indivíduo. Ele possui características similares entre os indivíduos e características pessoais que o adaptam de acordo com o ambiente. Desta forma, o indivíduo pode realizar a locomoção em ambientes regulares – quando existem superfícies lisas e planas - e irregulares - quando possuem obstáculos. O andar em ambientes irregulares, conhecido como andar adaptativo, é considerado o andar mais complexo (VITÓRIO et al, 2010), pois utiliza o mecanismo antecipatório, que inclui o mecanismo de controle preditivo como as respostas às perturbações esperadas, como ajustes posturais decorrentes de movimentos segmentares, e também o mecanismo de controle reativo como as modulações a situações inesperadas, como desequilíbrio ao escorregar. Já no andar livre, realizado em ambientes regulares, apenas o mecanismo antecipatório está presente, como o padrão motor a ser empregado e a rota a ser percorrida.

Independente do tipo de andar, o envelhecimento causa restrições. Para o andar livre, idosos aumentam a cadência e a duração do duplo suporte, diminuindo a velocidade e o tamanho da passada (OWINGS; GRABINER, 2004; SHKURATOVA et al., 2004; MASUMOTO et al., 2007). Estratégias diferenciadas entre as faixas etárias têm sido empregadas no andar livre para garantir, por exemplo, a velocidade. Adultos jovens inicialmente aumentam o comprimento da passada enquanto idosos aumentam a cadência (KANG; DINGWELL, 2008). Com respeito ao andar adaptativo, estudos têm descrito que os indivíduos modulam o sistema efetor de

acordo com as características do obstáculo por meio de ajustes na distância de aproximação ao obstáculo e na elevação do pé (GOBBI; PATLA, 1997; VAN HEDEL et al., 2002; DI FABIO et al., 2004; PIERUCCINI-FARIA et al., 2006; SIU et al., 2008). A presença de obstáculo causa redução na velocidade devido às mudanças no comprimento do passo ou na cadência (LOWREY et al., 2007). No andar adaptativo, idosos apresentam aumentos na distância do pé para o obstáculo e no tempo de reação (WEERDESTEYN et al., 2005) devido às restrições mecânicas decorrentes do envelhecimento (BERARD; VALLIS, 2006; LOWREY et al., 2007), que ampliam as chances de colidir com o obstáculo e revelam cautela para a ultrapassagem (MCKENZIE; BROWN, 2004).

Os ajustes no andar livre e adaptativo que ocorre devido ao envelhecimento são agravados pela fadiga (HELBOSTAD et al., 2007). A fadiga muscular é definida como qualquer deterioração na capacidade de exercer força ou potência (ALLMAN; RICE, 2002; BILODEAU, 2006). Ela está relacionada com nível de atividade física, raça, gênero, idade e quantidade de gordura corporal (KATSIARAS et al., 2005). A fadiga pode influenciar no controle de movimento (STACKHOUSE et al., 2001; RAHNAMA et al., 2006), sendo um fator potencial de risco de quedas (GOTSHALK et al., 2007; BELLEW, FENTER, 2006). O efeito da fadiga é tarefa dependente para o andar (SANTOS; GOBBI, 2010). Adultos jovens utilizam estratégias distintas antes e após indução à fadiga.

O andar sofre interferência da fadiga muscular que prejudica a manutenção da independência da locomoção (PETRELLA et al., 2005). Claramente, a fadiga pode influenciar diretamente na capacidade do indivíduo querer continuar uma atividade, podendo indiretamente limitar esta função (THEOU et al., 2008). Para o andar livre, idosos em fadiga aumentam a largura do passo, provavelmente pela redução da velocidade de condução do impulso nervoso (HELBOSTAD et al., 2007), enquanto que jovens aumentam a velocidade de contato do calcanhar e diminuem a aceleração transitória do centro de massa e o momento de força na articulação do joelho. Com relação ao andar adaptativo, nenhum estudo encontrado na literatura analisou o efeito da fadiga para este tipo de locomoção. Ainda, existe pouco conhecimento sobre o processo de fadiga muscular (VOLLESTAD, 1997) e sobre sua atuação no envelhecimento.

Assim, este estudo foi realizado a fim de entender como a fadiga muscular interfere no andar juntamente com a ação do envelhecimento. A relação entre a

fadiga e o envelhecimento no andar pode evidenciar alterações nos parâmetros cinemáticos. Com estas análises, espera-se encontrar diferenças entre o andar livre e adaptativo, antes e após fadiga, assim como entre adultos jovens e idosos. O envelhecimento deverá interferir no processo de fadiga e nas adaptações cinemáticas durante o andar livre e adaptativo.

2. REVISÃO DA LITERATURA

A fadiga pode influenciar o andar de indivíduos, entretanto, pouco é conhecido sobre os ajustes no andar livre e adaptativo realizados por adultos jovens e idosos. Além disso, devido ao processo de envelhecimento os indivíduos podem utilizar estratégias diferentes durante a locomoção. Para tentar nortear o presente estudo, na seguinte revisão são apresentados alguns dados da relação entre o processo de envelhecimento, a fadiga muscular e o andar livre e adaptativo.

2.1. O processo de envelhecimento e o andar livre e adaptativo

O andar é uma tarefa complexa, pois envolve uma série de fatores: ativação muscular, impulsos nervosos e adaptações ao ambiente de locomoção. Com o envelhecimento, o andar fica comprometido. Para atingir o objetivo da locomoção, há mudanças nas estratégias devido ao envelhecimento.

O envelhecimento aumenta o risco de quedas tanto no andar livre quanto no adaptativo. Em seu estudo, Kang e Dingwell (2008) compararam, em diferentes velocidades, a variabilidade no andar de idosos e adultos jovens em esteiras. Participaram do estudo 17 adultos jovens e 18 idosos, que caminharam em uma esteira entre 80 e 120% de sua velocidade preferida. Na velocidade, não foram encontradas diferenças, mas em idosos a variabilidade foi maior do que em jovens, e foi explicada pelo declínio da força e da flexibilidade nos membros inferiores, proporcionando maior possibilidade de quedas.

Idosos utilizam estratégias mais arriscadas em tipos de andar mais complexos. O estudo de McKenzie e Brown (2004) visou analisar as diferenças cinemáticas entre idosos e adultos jovens, quando colocados em quatro diferentes situações de andar. Os participantes deveriam percorrer um trajeto em quatro condições diferentes e duas alturas distintas: atravessar um trajeto demarcado no chão com 0,60m e 0,15m de largura, e estas mesmas condições quando elevadas a 0,60m do chão. Os resultados mostraram que a ameaça postural afeta na

transposição de obstáculos, diminuindo o comprimento do passo e a velocidade do andar.

Ainda se falando em estratégias na ultrapassagem de obstáculos, Draganich e Kuo (2003) observaram o efeito da velocidade do andar e da idade antes e durante a ultrapassagem de obstáculos; foram recrutados 10 adultos jovens e 10 idosos. Os resultados mostraram que a colocação do pé de suporte também foi afetada pela velocidade, não pela idade, e que idosos necessitam de maior demanda na abdução do joelho e quadril para manter o equilíbrio dinâmico quando o pé de abordagem está ultrapassando obstáculos.

2.2. Fadiga, processo de envelhecimento e locomoção

A fadiga pode permanecer por mais tempo em indivíduos idosos do que em jovens, comprometendo assim as funções diárias dos primeiros, por estes sofrerem mais com os sintomas da fadiga. Entretanto, poucos são os trabalhos realizados sobre a influência da fadiga muscular e envelhecimento (TRALONGO et al, 2003)

Allman e Rice(2002) afirmam que as mudanças funcionais decorridas das alterações relacionadas à idade incluem perda substancial de força e características de contração lenta na maioria dos músculos testados, e ainda é proposto que as fibras musculares do tipo I auxiliam na contração muscular de indivíduos com idade avançada. Porém, esse tipo de resultado não tem sido encontrado no limitado número de estudos sobre a fadiga muscular em idosos, e pode-se concluir que não é possível afirmar que idosos são mais fatigáveis que adultos jovens, pois o nível de fadiga depende da atividade exercida para se chegar a ela.

A fadiga causa mudanças no andar de idosos e pode elevar o risco de quedas. Helbostad e colaboradores (2007) analisaram a interferência da fadiga induzida pela tarefa de sentar e levantar sobre o controle do andar livre. Participaram do estudo 44 idosos distribuídos em dois grupos: fadiga e controle. Os resultados não apresentaram diferenças nas velocidades do andar e no comprimento do passo, mas ocorreram diferenças na largura do passo, na variabilidade do comprimento do passo e na aceleração do tronco, maiores para o grupo fadiga. Estes resultados indicam que a ação concêntrica do músculo quadríceps no andar é influenciada pela fadiga, provocando adaptações no padrão de movimento.

A fadiga aumenta o risco de escorregar em adultos. Parijat e Lockhart (2008a,b) examinaram como a fadiga no quadríceps altera as variáveis relacionadas à possibilidade de escorregar. O comportamento locomotor dos participantes (adultos jovens) foi avaliado cinematicamente e cineticamente, antes e após fadiga induzida através de aparelho isocinético. Os resultados indicaram que a fadiga aumentou a velocidade de contato do calcanhar no solo, pela redução na dorsiflexão do tornozelo; entretanto, houve diminuição na aceleração do centro de massa e no momento da articulação do joelho, pelo aumento da flexão, sem alterar a velocidade do andar.

O tipo de esforço requerido para induzir a fadiga influencia no andar. Para esforço submáximo, Sibley e colaboradores (2007) analisaram 26 indivíduos com acidente vascular cerebral, através do teste de andar seis minutos, mensurando a distância percorrida a cada dois minutos. Foram encontradas diferenças nas distâncias entre o primeiro intervalo de tempo e os outros intervalos. Na segunda parte do estudo, após esforço máximo em ciclo ergômetro, ocorreu aumento na velocidade, no comprimento do passo e na cadência do andar livre. A natureza velocidade-dependente do andar pode auxiliar na adaptação rítmica, sendo um processo benéfico para esta população, mas o efeito da fadiga pode ser mascarado pela velocidade do andar.

Adultos jovens utilizam estratégias distintas antes e após indução à fadiga. Santos e Gobbi (2010) avaliaram a interferência da fadiga e do nível de atividade física em adultos jovens. A fadiga interferiu nos parâmetros espaciais e temporais do andar livre e adaptativo de adultos jovens. No entanto, este efeito foi independente do nível de atividade física. A fadiga tem efeito na produção de força máxima, na estabilidade do andar, no controle do movimento e na velocidade do andar, sendo dependente do tipo de andar.

3. OBJETIVO

O objetivo do estudo foi analisar e comparar a influência da fadiga muscular sobre os parâmetros cinemáticos do andar livre e adaptativo entre adultos jovens e idosos.

4. MATERIAIS E MÉTODO

4.1. Participantes

Participaram do estudo 20 homens, distribuídos em dois grupos etários: Jovem - 20 a 40 anos; e Idoso - a partir de 60 anos. Foram critérios de exclusão os seguintes fatores que não permitiam a realização dos procedimentos experimentais: uso de medicamentos, presença de doenças osteomioarticulares e/ou neuromusculares, cardiorrespiratórias e distúrbios de equilíbrio e de visão.

Os participantes foram informados dos procedimentos do estudo, juntamente com o objetivo, e autorizaram sua participação através da assinatura no termo de consentimento livre e esclarecido, submetido e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Campus de Rio Claro (Protocolo n. 2055/2008).

4.2. Procedimentos

Todos os procedimentos, distribuídos em dois dias, foram realizados nas dependências do Laboratório de Estudos da Postura e da Locomoção (LEPLO) do Departamento de Educação Física da Universidade referida.

- **Primeiro dia (A):** 1) obtenção de assinatura do termo de consentimento livre e esclarecido, e anamnese completa sobre doenças, lesões, medicamentos, entre outras informações relevantes para verificar a ausência dos critérios de exclusão; 2) mensuração dos dados referentes à idade, estatura e massa corporal.

- **Segundo dia (B):** 1) preparação do participante para as tarefas experimentais; 2) realização das tarefas de andar livre (AL) e andar adaptativo com a presença de um obstáculo (AA); 3) realização do protocolo de contração voluntária máxima (CVM); 4) indução da fadiga (IF) por meio da tarefa de sentar e levantar; 5) os itens 2 e 3 foram repetidos imediatamente após IF.

A coleta dos dados cinemáticos dos ciclos do andar definidos foi realizada através de um sistema tridimensional (3D) optoeletrônico de análise do movimento (OPTOTRAK Certus – 3D Motion Measurement System, NDI), com precisão de 0,1 mm, posicionado no plano frontal, face anterior, ao movimento do participante. A coleta de dados foi realizada a frequência de 100 Hz. Foram afixados 10 emissores infravermelhos (IREDs) nos seguintes pontos anatômicos do participante: trocânter maior do fêmur e côndilo lateral da tíbia do membro inferior direito; maléolo lateral, face lateral do calcâneo e cabeça do 5º metatarso do membro inferior direito e esquerdo. Um IRED também foi fixado no obstáculo no andar adaptativo. O obstáculo tinha 0,15m de altura (PIJNAPPELS et al., 2008), correspondente a altura padrão do meio-fio (ABNT - NBRISO16039) e foi posicionado na parte central da passarela.

Os participantes realizaram o andar livre e adaptativo percorrendo uma distância retilínea de 8m sobre um carpete de borracha com 1,4m de largura. As plataformas de força estiveram posicionadas na parte central da passarela, separadas por 0,2m. Foram realizadas 3 tentativas para cada condição experimental, com o membro de abordagem sendo o direito. As condições de AL e AA foram randomizadas para cada participante. Não houve descanso entre as tentativas e após a IF. Cada participante foi instruído a caminhar na velocidade preferida pela passarela na condição AL. Na condição de AA, o participante foi instruído a evitar o contato com o obstáculo durante a tentativa. Eles também foram instruídos sobre o pé que iniciava o andar.

A contração voluntária máxima (CVM) foi determinada a partir do exercício de *Leg Press* (GURJÃO et al., 2009) acoplado a uma célula de carga (EMG System do Brasil Ltda.) com precisão de 0,1Kgf. Neste exercício, o participante foi posicionado sobre o acento do *Leg Press* com joelhos flexionados a 110º (180º = extensão total) e o quadril flexionado a 90º, com os pés em posição neutra (GOTSHALK et al., 2008). O indivíduo foi instruído a realizar a CVM de extensão de quadril e joelho aplicando a maior força possível em 5s, sendo encorajado a realizar os esforços máximos. A CVM foi realizada para auxiliar na análise dos membros contralaterais e, posteriormente, ambos os membros foram avaliados em conjunto. Ela foi realizada em apenas uma tentativa.

A indução a fadiga foi realizada através da tarefa de sentar e levantar de uma cadeira sem braços (HELBOSTAD et al., 2007). O participante teve um período de

adaptação à tarefa e à frequência em que ela foi realizada. Em seguida, o participante foi instruído a cruzar os braços sobre a região peitoral e repetidamente sentar e levantar em uma frequência de 0,5 Hz, controlada por um metrônomo. O tempo para indução à fadiga foi cronometrado, sendo caracterizado como fatigado o indivíduo que completasse 30 minutos realizando a tarefa ou que alcançasse o número 20 da escala de percepção de esforço BORG.

Para análise cinemática do movimento de andar livre e adaptativo dos participantes foram avaliados os seguintes parâmetros:

- **Espaciais:** comprimento de cada passo - distância no sentido longitudinal, em m, entre o marcador do 5° metatarso no contato de um membro com o solo e o do 5° metatarso no contato do membro contralateral; largura de cada passo - distância no sentido médio-lateral, em m, entre o marcador do 5° metatarso no contato de um membro com o solo e o marcador do 5° metatarso no contato do membro contralateral com o solo; velocidade média do andar - foi analisada através do marcador posicionado no trocânter maior do fêmur, sendo os componentes horizontais considerados lineares e o componente vertical de segundo grau (NUNOME et al., 2006) e, assim, foi realizada regressão linear para cada componente, sendo a velocidade média do andar definida como a distância percorrida dividida pelo tempo de percurso, em m/s;

- **Temporais:** distância horizontal pé-obstáculo antes da ultrapassagem: distância, em m, entre o marcador do 5° metatarso, no momento em que este deixar o solo para a ultrapassagem e o marcador do obstáculo, tanto para o membro de abordagem como para o membro de suporte; distância horizontal depois do obstáculo: distância, em m, entre o marcador do 5° metatarso ao entrar em contato com o solo após a ultrapassagem e o marcador do obstáculo, tanto para o membro de abordagem como para o membro de suporte; distância vertical pé-obstáculo: distância vertical, em m, entre o marcador do 5° metatarso e o marcador do obstáculo, no momento em que o 5° metatarso encontra-se sobre o obstáculo.

4.3. ANÁLISE DOS DADOS

O critério estatístico para significância foi $\alpha < 0,05$ para todas as análises. Para os cálculos das variáveis temporais e espaciais foram escritos algoritmos em ambiente MATLAB© (The Math Works, Natick, MA, USA, versão 6.5).

As variáveis dependentes relativas aos parâmetros espaciais e temporais foram analisadas estatisticamente no software SPSS 10.0 for Windows®. Primeiramente foi realizada a análise descritiva das variáveis dependentes (medidas de tendência central e variabilidade). Posteriormente, os testes de Shapiro-Wilk e de Levene foram empregados para verificação da normalidade na distribuição dos dados e da homogeneidade das variâncias, respectivamente.

Para verificar se havia semelhança para as do andar entre os grupos de adultos jovens e idosos antes da indução a fadiga foi realizado o teste t de Student. Para comparar as variáveis descritivas foram empregadas MANOVAs, tendo como fatores a faixa etária (adultos jovens e idosos), a fadiga (antes e após indução à fadiga) e a tarefa (andar livre e adaptativo), com medidas repetidas nos dois últimos fatores. Quando a MANOVA revelou efeito principal, análises univariadas foram empregadas para localizar as diferenças. Foram realizadas 4 MANOVAs: variáveis espaciais, temporais, velocidade e do andar adaptativo.

5. RESULTADOS

As características gerais dos indivíduos são apresentadas na Tabela 1. O teste t mostrou similaridade nas variáveis espaço-temporais entre os grupos antes da fadiga. Apenas na duração de suporte simples dos passos 2 ($t_{58} = 2,450$, $p < 0,017$) e 4 ($t_{58} = 3,516$, $p < 0,001$) no andar livre os grupos foram distintos, com maior duração para os idosos.

Tabela 1. Características gerais dos participante.

	Idade (anos)	Estatura (cm)	Massa (Kg)
Adulto Jovem	25,26 ± 2,73	179,9 ± 2,95	77,5 ± 18,65
Idoso	65,86 ± 4,97	173,0 ± 5,86	80,3 ± 15,46

5.1. Parâmetros espaciais

Para os parâmetros espaciais, a MANOVA revelou diferenças entre grupo (Wilks' Lambda=0,451, $F_{8,50}=7,603$, $p < 0,000$), tipo de andar (Wilks' Lambda=0,318, $F_{8,50}=13,430$, $p < 0,000$) e fadiga (Wilks' Lambda=0,630, $F_{8,50}=3,671$, $p < 0,002$). Não houve interação entre os fatores. Na comparação entre grupos, houve diferença no comprimento do segundo ($F_{1,57}= 8,909$, $p < 0,004$) e quarto passo ($F_{1,57}= 10,091$, $p < 0,002$) e na largura de todos os passos [passo 1 ($F_{1,57}= 10,607$, $p < 0,002$), 2 ($F_{1,57}= 31,362$, $p < 0,000$), 3 ($F_{1,57}= 9,625$, $p < 0,003$) e 4 ($F_{1,57}= 15,723$, $p < 0,000$)] (Figura 1). Os idosos apresentaram maior comprimento para no segundo e quarto e maior largura para todos os passos, independente do tipo de andar e da condição de fadiga.

Comparação entre Grupos

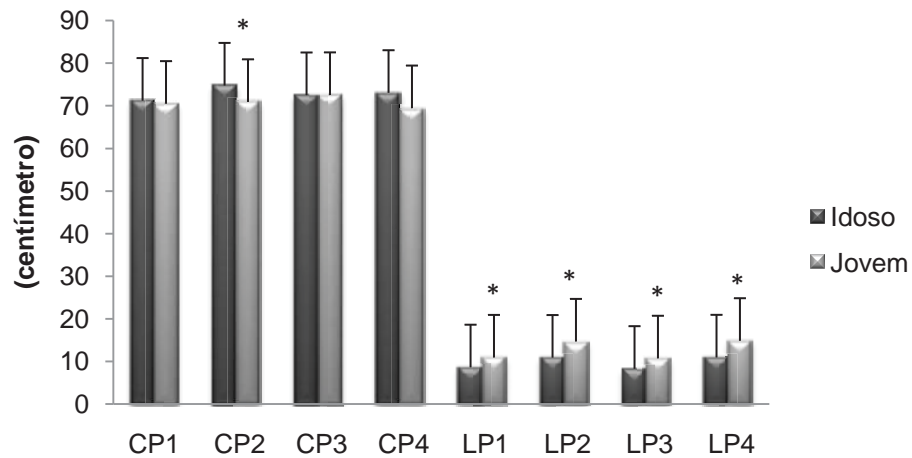


Figura 1. Médias e desvios-padrão do comprimento e largura dos passos na comparação entre grupos. * diferença entre adulto jovem e idoso.

Para o tipo de andar, foram encontradas diferenças significantes no comprimento dos primeiro ($F_{1,57}= 8,53$, $p<0,005$), segundo ($F_{1,57}= 9,423$, $p<0,003$) e terceiro ($F_{1,57}= 34,78$, $p<0,000$) passos e largura do quarto passo ($F_{1,57}= 7,931$, $p<0,007$) (Figura 2). O andar adaptativo apresentou menor comprimento do primeiro e segundo passos e maior comprimento do terceiro passo e largura do quarto passo, independente da condição de fadiga e do grupo.

Comparação entre Andar

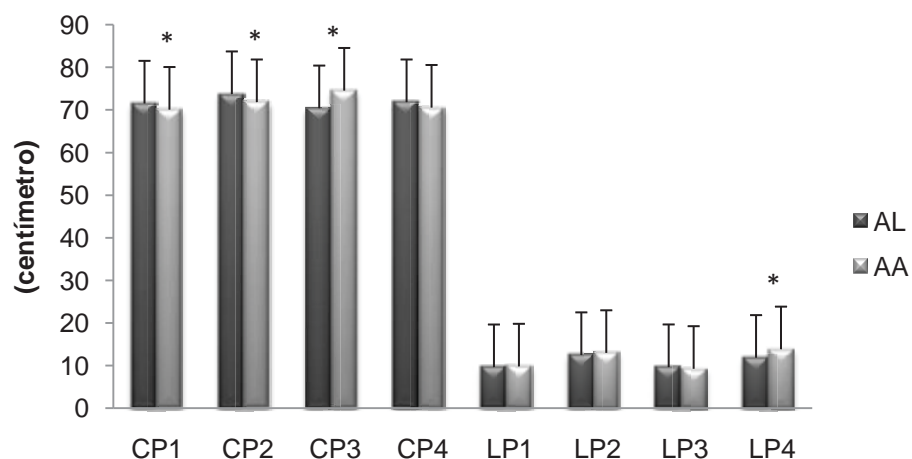


Figura 2. Médias e desvios-padrão do comprimento (CP) e largura (LP) dos passos na comparação entre o andar livre (AL) e o andar adaptativo (AA). * diferença entre andar livre e adaptativo.

Na fadiga, houve diferença no comprimento do segundo ($F_{1,57}= 4,416$, $p<0,040$) e terceiro passos ($F_{1,57}= 7,16$, $p<0,01$) e na largura de todos os passos [passo 1 ($F_{1,57}= 6,221$, $p<0,016$), 2 ($F_{1,57}= 10,744$, $p<0,002$), 3 ($F_{1,57}= 12,851$, $p<0,001$) e 4 ($F_{1,57}= 13,397$, $p<0,001$)] (Figura 3). Após a fadiga, houve aumento do comprimento do segundo e terceiro passos e da largura de todos os passos, independente do grupo e do tipo de andar.

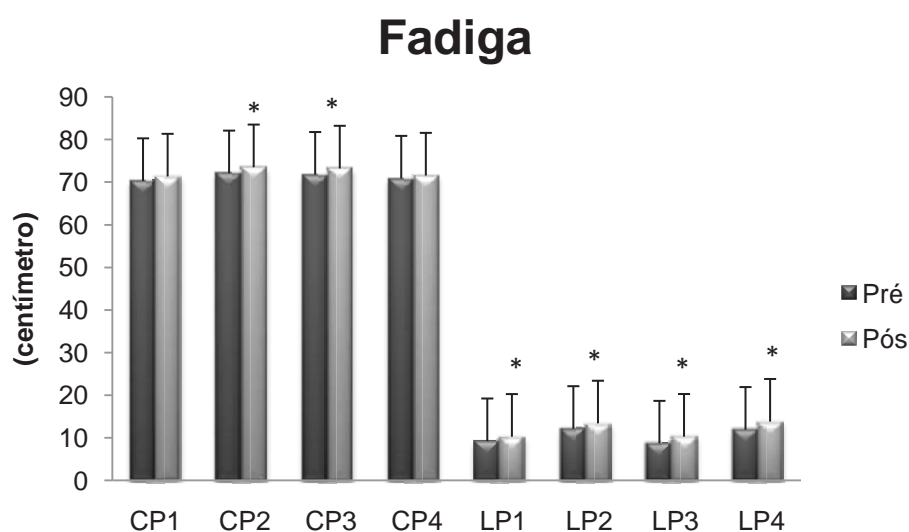


Figura 3. Médias e desvios-padrão do comprimento e largura dos passos na comparação entre pré e pós indução a fadiga. * diferença entre pré e pós fadiga.

5.2. Parâmetros temporais

Para os parâmetros temporais, a MANOVA também revelou diferença entre grupo (Wilks' Lambda=0,349, $F_{8,50}=11,642$, $p<0,000$), tipo de andar (Wilks' Lambda=0,048, $F_{8,50}=122,7$, $p<0,000$) e fadiga (Wilks' Lambda=0,539, $F_{8,50}=5,338$, $p<0,000$). Não houve interação entre os fatores. Na comparação entre grupos, diferenças foram encontradas somente na duração de suporte simples do primeiro ($F_{1,57}= 22,913$, $p<0,000$), segundo ($F_{1,57}= 21,904$, $p<0,000$) e terceiro passo ($F_{1,57}= 37,879$, $p<0,000$) (Figura 4). Os idosos apresentaram maior duração do suporte simples que os adultos jovens, independente da condição de fadiga e tipo de andar.

Comparação entre Grupos

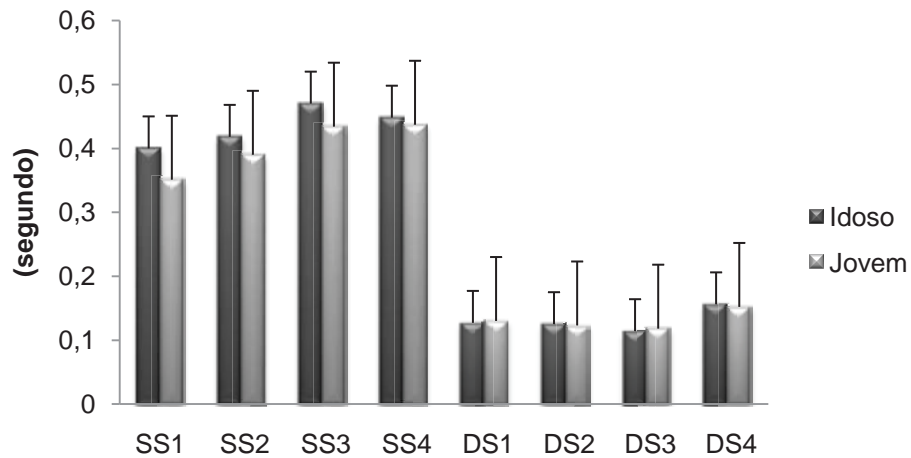


Figura 4. Médias e desvios-padrão da duração de suporte simples (SS) e duplo suporte (DS) na comparação entre os grupos Jovem e Idoso. * diferença entre adulto jovem e idosos.

Para o andar houve diferença na duração de suporte simples e duração de duplo suporte do terceiro [SS ($F_{1,57}= 420, 241, p<0,000$); DS ($F_{1,57}= 57,448, p<0,000$)] e quarto passos [SS ($F_{1,57}= 69,817, p<0,000$); DS ($F_{1,57}= 24,051, p<0,000$)] (Figura 5). O andar livre apresentou menor duração para suporte simples nos passos 3 e 4 e duplo suporte no passo 4 independente da condição de fadiga e grupo.

Comparação entre Andar

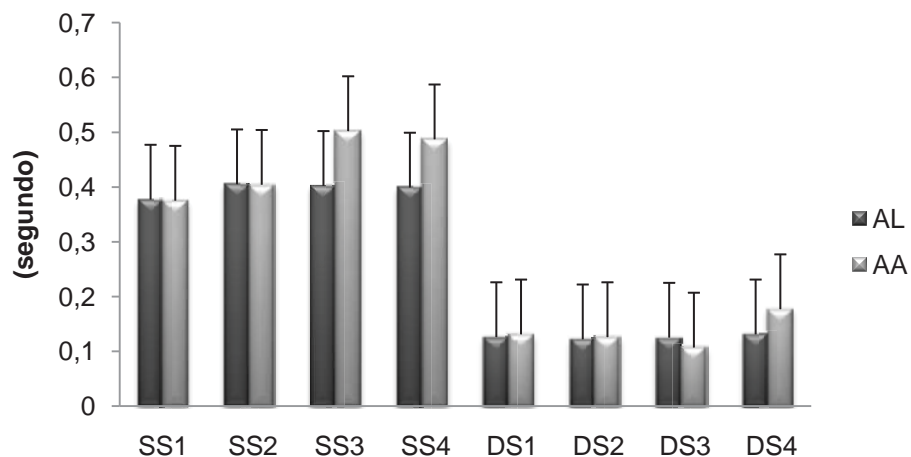


Figura 5. Médias e desvios-padrão da duração de suporte simples e duplo suporte nos na comparação entre o andar livre (AL) e andar adaptativo (AA). * diferença entre andar livre e adaptativo.

Para a fadiga, foram encontradas diferenças na duração de suporte simples de todos os passos [passos 1 ($F_{1,57}= 6,685$, $p<0,012$), 2 ($F_{1,57}= 12,086$, $p<0,001$), 3 ($F_{1,57}= 13,490$, $p<0,001$) e 4 ($F_{1,57}= 25,566$, $p<0,000$)] e na duração de duplo suporte no terceiro passo ($F_{1,57}= 14,302$, $p<0,000$) (Figura 6). Na locomoção após fadiga houve menor duração para todas as variáveis que apresentaram diferenças independente do grupo e do tipo de andar.

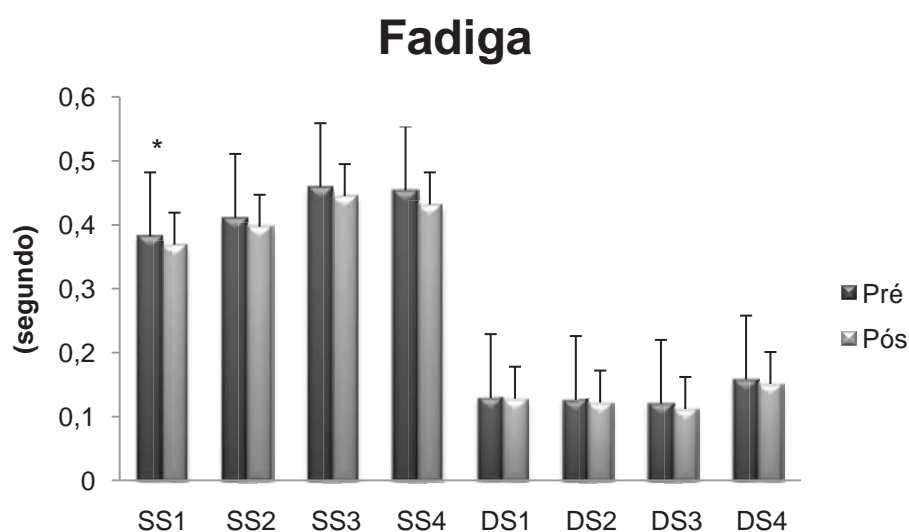


Figura 6. Médias e desvios-padrão da duração de suporte simples e duplo suporte na comparação antes e após indução à fadiga. * diferença entre pré e pós fadiga.

6.3. Velocidade do andar

Para a velocidade, a MANOVA revelou diferenças entre o andar (Wilks' Lambda=0,4, $F_{1,58}=87,005$, $p<0,000$), fadiga (Wilks' Lambda=0,694, $F_{1,58}=25,559$, $p<0,000$) e interação entre grupo e fadiga (Wilks' Lambda=0,931, $F_{1,58}=4,329$, $p<0,042$). Para grupo, os resultados mostram que os adultos jovens são mais rápidos que idosos independente do tipo de andar e da fadiga. O andar livre foi realizado mais rápido do que o andar adaptativo independente do grupo e fadiga. Para a interação, o grupo idoso apresentou mesmo comportamento dos jovens, aumentando a velocidade do andar após à indução a fadiga (Figura 7).

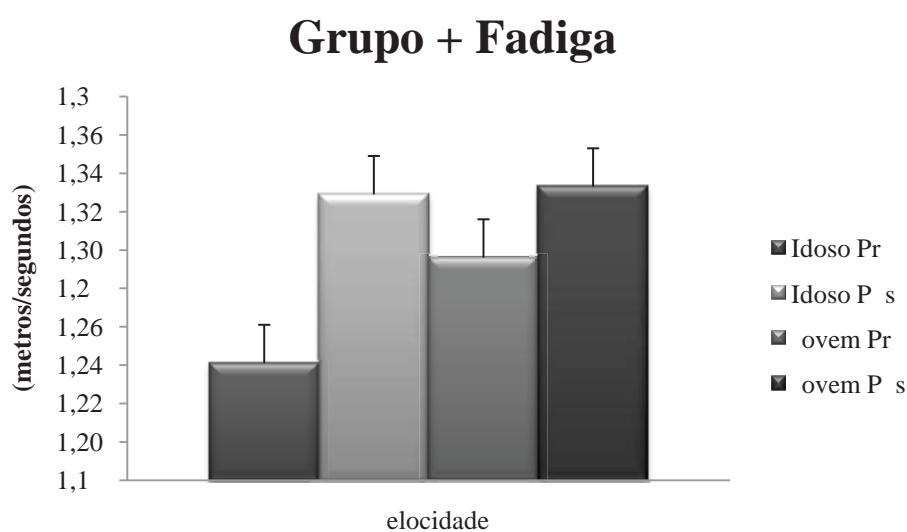


Figura 7. Médias e desvios-padrão da velocidade na comparação entre os grupos, antes e após indução à fadiga.

6.4. Parâmetros do andar adaptativo

Para as variáveis relacionadas com o obstáculo no andar adaptativo, diferenças significantes foram encontradas somente em relação aos grupos (Wilks' Lambda=0,696, $F_{6,53}=3,855$, $p<0,003$). Os idosos apresentaram maiores valores para distância horizontal pé-obstáculo do membro de suporte ($F_{1,58} = 4,913$, $p<0,031$) e menores valores para a distância obstáculo-pé do membro de suporte ($F_{1,58} = 8,317$, $p<0,006$) e a distância horizontal pé-obstáculo no membro de abordagem ($F_{1,58} = 4,17$, $p<0,046$) (Figura 8).

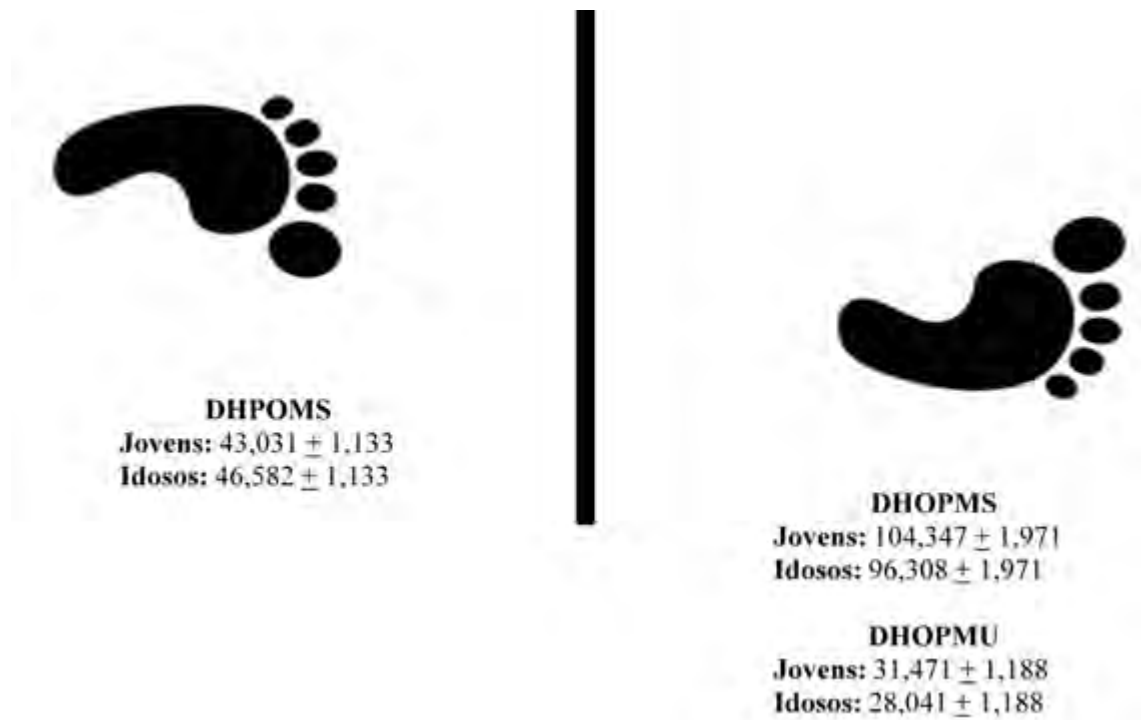


Figura 8. Médias e desvios-padrão das variáveis distância horizontal pé-obstáculo do membro de suporte (DHPOMS), distância horizontal obstáculo-pé do membro de suporte (DHOPMS) e distância horizontal obstáculo-pé do membro de abordagem (DHOPMU).

6. DISCUSSÃO

O objetivo do estudo foi analisar e comparar a influência da fadiga muscular sobre os parâmetros cinemáticos do andar livre e adaptativo entre adultos jovens e idosos. De acordo com os resultados apresentados, o efeito da fadiga interfere no andar, independente do tipo de andar e da faixa etária. Seus efeitos podem ser vistos no aumento da velocidade em ambos os grupos, embora ele seja maior no grupo idoso. Ainda pode ser visto o efeito do envelhecimento no andar de idosos, sendo que eles utilizam mais estratégias locomotoras do que adultos jovens mesmo na fase pré-fadiga.

O efeito da fadiga independe da idade e do tipo de andar para os parâmetros espaciais e temporais. Mudanças ósteo-musculares ocorrem durante o envelhecimento, como a perda de massa muscular (NORRIS et al, 2007). Com isso, idosos são mais suscetíveis à fadiga e, conseqüentemente, a quedas. Porém, os resultados mostraram que mesmo com o avanço da idade não se pode afirmar que idosos são mais fatigáveis do que jovens, pois analisando os parâmetros espaciais e temporais, a ação da fadiga independe da idade (ALLMAN; RICE, 2002). Com isso, idosos e adultos jovens utilizam a mesma estratégia durante a locomoção após a indução a fadiga independentemente da complexidade da tarefa.

Ambos os grupos aumentam a velocidade do andar, independente do tipo de andar, após a fadiga. Os indivíduos aumentaram sua velocidade em ambas as situações de andar, mostrando que ela afeta e prejudica o desempenho dos indivíduos por terem que adaptar seu padrão de andar, comprometendo ainda mais seu equilíbrio. Os adultos jovens e idosos optaram por tentar facilitar a tarefa, diminuindo o tempo de execução na busca por diminuir o gasto energético e melhorar o controle do movimento (HELBOSTAD et al., 2007; RIBEIRO et al., 2007). No entanto, esta estratégia parece ser falha, uma vez que os participantes têm menor força para aplicar durante o movimento após a indução à fadiga e, desta forma, diminuem o controle do movimento (STACKHOUSE et al., 2001; RAHNAMA et al., 2006). Os resultados foram similares a estudos que analisaram o efeito da

fadiga em indivíduos com acidente vascular cerebral e encontraram aumento na velocidade do andar após a fadiga (SIBLEY et al., 2007). Desta forma, o efeito da fadiga pode ser mascarado pela velocidade do andar.

Idosos utilizam estratégias diferentes dos jovens para ultrapassar o obstáculo, independente da fadiga. A tarefa de ultrapassar obstáculos é considerada complexa (VITÓRIO et al., 2010), o que pode ser um risco para indivíduos mais idosos, aumentando a instabilidade. Estudos têm descrito que os indivíduos modulam o sistema efetor de acordo com as características do obstáculo por meio de ajustes na distância de aproximação ao obstáculo e na elevação do pé (GOBBI, PATLA, 1997; VAN HEDEL et al., 2002; DI FABIO et al., 2004; PIERUCCINI-FARIA et al., 2006; SIU et al., 2008). A estratégia de aproximar o membro de suporte do obstáculo utilizada pelos idosos é mais ameaçadora para o equilíbrio e as restrições mecânicas decorrentes do envelhecimento (BERARD; VALLIS, 2006; LOWREY et al., 2007) são os principais fatores para esta estratégia, revelando cautela para a ultrapassagem (MCKENZIE, BROWN, 2004) e proporcionando uma margem de segurança na ultrapassagem. Esta estratégia empregada na tarefa apresentada proporciona maior estabilidade do indivíduo e não sofreu interferência da fadiga muscular.

O nível de atividade física é um dos fatores que interfere no tempo em que o indivíduo entra em fadiga muscular, porém ele não foi analisado neste estudo. Este pode ser um dos motivos da semelhança entre jovens e idosos na variável velocidade após a indução a fadiga.

7. CONCLUSÃO

A partir do estudo foi possível concluir que a fadiga muscular interfere nos parâmetros espaciais e temporais independentemente da ação do envelhecimento. A fadiga aumenta a velocidade do andar. Ainda, o envelhecimento afeta os componentes da capacidade física dos indivíduos, fazendo com que estes utilizem estratégias diferenciadas para realizar a tarefa de locomoção, independente do efeito da fadiga.

8. REFERÊNCIAS

ALLMAN B. L.; RICE, C. L. Neuromuscular Fatigue and Aging: Central and Peripheral Factors. **Wiley Periodicals, Inc.** Muscle Nerve, v. 25, p. 785-796, 2002.

ANDRADE, L.M. et al. Análise de Marcha: Protocolo experimental para posicionamento e orientação dos segmentos do corpo humano baseado em sistemas de marcas técnicas. **Braz J Biomech**, v.8, p.33-40, 2004.

BELLEW, J.W.; FENTER, P.C. Control of balance differs after knee or ankle fatigue in older women. **Arch Phys Med Rehabil**, v. 87, p.1486-9, 2006.

BERARD, J.R.; VALLIS, L.A. Characteristics of single and double obstacle avoidance strategies: a comparison between adults and children. **Exp Brain Res**, v. 175, p. 21-31, 2006.

BILODEAU, M. Central fatigue in continuous and intermittent contractions of triceps brachii. **Muscle & Nerve**, v. 34, p. 205-213, 2006.

DI FABIO, R.P., KURSZEWSKI, W.M., JORGENSON, E.E., KUNZ, R.C. Footlift Asymmetry During Obstacle Avoidance in High-Risk Elderly. **J Amer Ger Soc**, v. 52, n. 12, p.2088-93, December 2004.

DRAGANICH, L.F., KUO, C.E. The effects of walking speed on obstacle crossing in healthy young and healthy older adults. **J Biomech**, v. 37, p. 889-896, 2004.

GOBBI, L.T.B.; PATLA, A. Desenvolvimento da locomoção em terrenos irregulares: proposta de um modelo teórico. In: Pellegrini, A.M. (Org.). **Coletânea de Estudos: Comportamento Motor I**. São Paulo: Movimento, p.29-44, 1997

GOTSHALK, L.A. et al. Creatine supplementation improves muscular performance in older women. **Eur J Appl Physiol**, v. 102, p. 223–231, 2008.

GURJÃO, A.L.D. et al. Acute effect of static stretching on rate of force development and maximal voluntary contraction in older women. **J Strength Cond Res**, 2009 (in press).

HARLEY, C., WILKIE, R.M., WANN, J.P. Stepping over obstacles: Attention demands and aging. **Gait & Posture**, v. 29, p. 428-432, 2009.

HELBOSTAD, J.L. et al. Physical fatigue affects gait characteristics in older persons. **J Gerontol A Biol Sci Med**, v. 62, p. 1010-5, 2007.

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.

KATSIARAS, A. et al. Skeletal muscle fatigue, strength, and quality in the elderly: the Health ABC Study. **J Appl Physiol**, v. 99, p. 210-6, 2005.

LOWREY, C.R., REED, R. J. VALLIS, L. A. Control strategies used by older adults during multiple obstacle avoidance. **Gait & Posture**, v. 25, p. 502-8, 2007.

MASUMOTO, K. et al. Age-related differences in muscle activity, stride frequency and heart rate response during walking in water. **J Electromyogr Kines**, v. 17, p.596-604, 2007.

MAUPAS, E. et al. Functional asymmetries of the lower limbs. A comparison between clinical assessment of laterality, isokinetic evaluation and electrogoniometric monitoring of knees during walking. **Gait & Posture**, v. 16, p. 304-12, 2002.

MCKENZIE, N.C., BROWN, L.A. Obstacle negotiation kinematics: age-dependent effects of postural threat. **Gait & Posture**, v. 19, p. 226-234, 2004.

MERLETTI, R. et al. Effect of age on muscle functions investigated with surface electromyography. **Muscle Nerve**, v. 25, p. 65-76, 2002.

NORRIS, J.A. et al. Effect of augmented plantarflexion power on preferred walking speed and economy in young and older adults. **Gait & Posture**, v. 25, p. 620-627, 2007.

NUNOME, H. et al. Segmental dynamics of soccer instep kicking with the preferred and non-preferred leg. **J Sports Sci**, v. 24, p. 529-40, 2006.

OWINGS, T.M.; GRABINER, M.D. Step width variability, but not step length variability or step time variability, discriminates gait of healthy young and older adults during treadmill locomotion. **J Biomech**, v. 37, p. 935-8, 2004.

PARIJAT, P.; LOCKHART, T.E. Effects of quadriceps fatigue on the biomechanics of gait and slip propensity. **Gait & Posture**, v. 28, p. 568-73, 2008a.

PARIJAT, P.; LOCKHART, T.E. Effects of lower extremity muscle fatigue on the outcomes of slip-induced falls. **Ergonomics**. v. 51, p. 1873-84, 2008b.

PETRELLA, J.K. et al. Age differences in knee extension power, contractile velocity, and fatigability. **J Appl Physiol**, v. 98, p. 211-20, 2005.

PIERUCCINI-FARIA, F. et al. Parâmetros cinemáticos da marcha com obstáculos em idosos com doença de Parkinson, com e sem efeito da Levodopa: um estudo piloto. **Rev Bras Fisioter**, v. 10, p. 233-9, 2006.

PIJNAPPELS, M. et al. Identification of elderly fallers by muscle strength measures. **Europen J Appl Physiol**, v. 102, p. 585-92, 2008.

- PRINCE, F. et al. Gait in the elderly. **Gait & Posture**, v. 5, p. 128 – 135, 1997.
- RAHNAMA, N. et al. Electromyography of selected lower-limb muscles fatigued by exercise at the intensity of soccer match-play. **J Electromyogr Kines**, v. 16, p. 257-63, 2006.
- RIBEIRO, F. et al. Effect of exercise-induced fatigue on position sense of the knee in the elderly. **Eur J Appl Physiol**, v. 99, p. 379-85, 2007.
- SANTOS, P.C.R; GOBBI, L.T.B. Andar livre e adaptativo: controle motor de jovens sob efeito da fadiga e do nível de atividade física. **Relatório Iniciação Científica – FAPESP**, 2010.
- SHKURATOVA, N. et al. Effects of age on balance control during walking. **Arch Phys Med Rehabil**, v. 85, p. 582-8, 2004.
- SIBLEY, K.M. et al. Effects of extended effortful activity on spatio-temporal parameters of gait in individuals with stroke. **Gait & Posture**, v. 27, p. 387-92, 2007.
- SIU, K.C. et al. Effects of a secondary task on obstacle avoidance in healthy young adults. **Exp Brain Res**, v. 184, p.115-20, 2008.
- SMETS, E.M.A. et al. The multidimensional fatigue inventory (MFI) psychometric qualities of an instrument to assess fatigue. **J Psych Res**, v. 39, p. 315-25, 1995.
- STACKHOUSE, S.K. et al. Maximum voluntary activation in nonfatigued and fatigued muscle of young and elderly individuals. **Phys Ther**, v. 81, p. 1102-9, 2001.
- THEOU, O. et al. An exploration of the association between frailty and muscle fatigue. **Appl Physiol Nutr Metab**, v. 33(4), p. 651-65, 2008.
- TRALONGO, P.; RESPINI, D.; FERRAÚ, F. Fatigue and aging. **Critical Reviews in Oncology/Hematology**, v. 48, p. 57–64, 2003.
- VAN HEDEL, H.J. et al. Obstacle avoidance during human walking: transfer of motor skill from one leg to the other. **J Physiol**, v. 543, p. 709-17, 2002.
- VITÓRIO, R. et al. Effects of obstacle height on obstacle crossing in mild Parkinson's disease. **Gait & Posture**, v. 31, p. 143–146, 2010.
- VOLLESTAD, N. Measurement of human muscle fatigue. **Journal of Neuroscience Methods**, v. 74, p. 219–227, 1997.
- WEERDESTeyN, V. et al. Advancing age progressively affects obstacle avoidance skills in the elderly. **Hum Mov Sci**, v. 24, p. 865-80, 2005.

I. Anexo

 unespUNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Câmpus de Rio Claro

Protocolo nº: 2055
Data: 25.03.2008

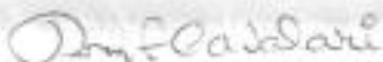
Rio Claro, 03 de abril de 2008.

Ofício CEP 056/2008

Prezado Senhor,

Para fins de atendimento ao contido no parecer do relator do Comitê de Ética em Pesquisa do I.B., referente ao projeto "***O efeito da fadiga aguda e do envelhecimento na marcha livre e adaptativa***", sob sua responsabilidade e orientação da Profa. Dra. Lilian Teresa Bucken Gobbi, informamos que segue cópia do referido parecer, colocando-me à disposição para eventuais esclarecimentos.

Atenciosamente,


Profa. Dra. **Rosa Maria Feiteiro Cavalari**
Coordenadora do Comitê