

# Comparação dos parâmetros espaçotemporais da marcha durante a execução do TUG associado à dupla tarefa em adultos jovens

## *Comparison of temporal spatial parameters of gait during the execution of TUG associated with a dual task in young adults*

José Adolfo Menezes Garcia Silva<sup>1</sup>; Ariane Diane Morais Nunes<sup>2</sup>; Flora Isabel Ramalho Leite Reis<sup>2</sup>; Carlos Norberto Fischer<sup>3</sup>; Marcelo Tavella Navega<sup>4</sup>.

<sup>1</sup>Mestre em Desenvolvimento Humano e Tecnologias – Unesp. Campus de Rio Claro, SP – Brasil.

<sup>2</sup>Discente do curso de Fisioterapia – Unesp. Campus de Marília, SP – Brasil.

<sup>3</sup>Docente do Departamento de Estatística, Matemática Aplicada e Computação, do Instituto de Geociências e Ciências Exatas – Unesp. Campus de Rio Claro, SP – Brasil.

<sup>4</sup>Docente do curso de Fisioterapia – Unesp. Campus de Marília, SP – Brasil.

### Endereço para correspondência

José Adolfo Menezes Garcia Silva  
R. Santo Amaro, 271, apto. 530, Bela Vista  
01315-001 – São Paulo – SP [Brasil]  
josemegasi@hotmail.com

### Resumo

**Introdução:** A análise biomecânica da marcha se mostra eficiente na identificação de alterações nos padrões de movimento e no declínio funcional. **Objetivo:** Analisar o efeito da dupla tarefa sobre os parâmetros espaçotemporais da marcha. **Métodos:** Participaram 32 sujeitos de ambos os sexos com idade entre 18 e 25 anos. O teste Timed Up and Go foi aplicado sob duas condições: na forma original e associado à tarefa cognitiva (verbalizar os meses do ano em ordem inversa). Foi avaliado o tempo total de execução, número de passos, cadência, tempo gasto para levantar, velocidade média e variabilidade do tempo de passo. **Resultados:** Com a adição da tarefa cognitiva, foram observadas mudanças em diversos dos parâmetros espaçotemporais da marcha analisados. **Conclusão:** Os testes realizados mostraram que o incremento de tarefas cognitivas durante a deambulação pode acarretar alterações no desempenho desta atividade.

**Descritores:** Biomecânica; Equilíbrio postural; Marcha.

### Abstract

**Introduction:** Biomechanical analysis of gait can be used effectively to identify changes in movement patterns and functional decline. **Objective:** To analyze the effect of dual task on gait spatio-temporal variables. **Methods:** The sample was made up of 32 subjects of both genders aged between 18 and 25 years. The test Timed Up and Go was performed under two conditions: original form and associated with a cognitive task (verbalize backwards the months of the year). We evaluated the total execution time, number of steps, cadence, time spent to lift, average speed and variability of the step time. **Results:** Significant changes were observed with the addition of the cognitive task in many gait spatio-temporal variables analyzed. **Conclusion:** The tests showed that the increase of cognitive tasks during walking may lead to changes in the performance of this task.

**Key words:** Biomechanics; Gait; Postural balance.

## Introdução

A deambulação, assim como a manutenção do equilíbrio durante este processo, são atividades que demandam um complexo planejamento, monitoramento e coordenação adequada de uma sequência de padrões de ativação muscular, alinhamentos articulares e controle dos graus de liberdade do movimento pelo sistema nervoso central<sup>1-5</sup>.

Associar à marcha tarefas cognitivas, como falar com outra pessoa, fazer cálculos ou escrever pequenas mensagens, podem alterar o controle postural e provocar declínio funcional em ambas as atividades devido à necessidade de dividir a atenção entre coordenação postural e execução da função cognitiva<sup>6,7</sup>.

A análise biomecânica é uma estratégia utilizada para identificar alterações no desempenho funcional durante a marcha. Recentemente, as medidas de variação e variabilidade dos parâmetros de marcha têm despertado grande interesse nos pesquisadores por tratar-se de um excelente preditor de declínio funcional<sup>8-11</sup>. Os diversos componentes espaçotemporais da deambulação, entre eles o tempo, o comprimento, a cadência e a velocidade de preferência durante as passadas, são variáveis que podem ser consideradas preditoras de declínio funcional, identificando padrões anormais de deslocamento diante de situações de maior risco<sup>4,12</sup>.

Variações muito exacerbadas nos padrões do andar, na execução contínua de uma atividade associada, referem-se a instabilidades no controle motor e são consideradas indicativos de sobrecarga na função executiva do sistema nervoso central<sup>11, 13, 14</sup>. O aumento da variabilidade dos padrões de marcha pode ser ocasionado por diversas situações, entre elas a execução simultânea de tarefas cognitivas<sup>1</sup>.

Sendo a análise biomecânica da marcha baseada em parâmetros espaçotemporais eficiente na identificação de alterações nos padrões de movimento, o objetivo do estudo foi verificar o efeito de uma tarefa cognitiva sobre os parâmetros espaçotemporais da marcha durante a

execução do Timed Up and Go (TUG) em adultos jovens. Com subsídio das fundamentações teóricas descritas, hipotetiza-se que desafios cognitivos impostos, durante a marcha, alteram a apresentação de indicadores biomecânicos associados ao aumento do declínio funcional.

## Procedimentos metodológicos

O estudo caracteriza-se como controlado, transversal e de amostragem consecutiva. Este estudo foi aprovado em Comitê de Ética da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), Campus de Marília (SP), processo nº 2.011/140, e todos os participantes assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido, conforme orientações para pesquisas com seres humanos, constantes na Resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde.

Participaram do estudo 32 sujeitos de ambos os sexos, sendo 12 homens (20,6±1,77 anos) e 20 mulheres (20,52±1,54 anos), com idade entre 18 e 25 anos, estudantes universitários da cidade de Marília (SP). Todos os voluntários responderam, primeiramente, a uma anamnese, contendo perguntas referentes à idade e ao uso de medicação, e forneceram um número de telefone para eventual contato. A seguir, foi feito um Mini Exame do Estado Mental (MEEM) do participante e a mensuração de sua estatura e massa corporal, para a realização do cálculo do Índice de Massa Corporal (IMC).

Os participantes foram questionados sobre a presença dos seguintes critérios de exclusão: presença de dor, fratura ou lesão grave em tecidos moles nos seis meses pregressos ao estudo, bem como histórico de alterações neurológicas, cardiovasculares e/ou respiratórias, e a utilização de medicamentos inibidores do sistema nervoso central.

## Procedimentos

A avaliação foi realizada em um ambiente fechado, na presença apenas do avaliador e do participante. O MEEM proposto por Folstein et al.<sup>15</sup> foi utilizado para avaliar as funções cog-

nitivas. Adotou-se a pontuação mínima de 28 pontos no MEEM como critério de inclusão no estudo para garantir que todos os participantes estariam aptos a realizar as tarefas propostas.

Para a aquisição de dados referentes à marcha, foi utilizado o teste Timed Up and Go (TUG)<sup>16</sup>. O teste TUG foi o escolhido em razão de sua similaridade com tarefas habituais e por possibilitar a visualização da execução de uma tarefa motora abrangente (levantar, caminhar, retornar e sentar). A tarefa cognitiva de verbalização dos meses do ano em ordem inversa foi escolhida por possuir pré-requisitos de senso comum para sua execução e por não ser cotidiana, exigindo que os voluntários utilizem recursos provenientes da função executiva do sistema nervoso central para contemplar seu desempenho, como preconizado por diversos autores<sup>11, 13, 14</sup>.

O TUG avalia a mobilidade funcional. Nele, é analisado o tempo gasto pelo indivíduo para se levantar de uma cadeira com braços, andar por uma distância de três metros e retornar à cadeira. Maiores valores de tempo representam maior declínio funcional. No TUG, os participantes utilizam seus calçados habituais; os indivíduos partem da posição inicial com as costas apoiadas na cadeira e são instruídos a se levantar, andar um percurso linear de três metros até um ponto pré-determinado marcado no chão, regressar e tornar a sentar-se apoiando as costas na mesma cadeira. O sujeito é instruído a não conversar durante a execução do teste e realizá-lo numa velocidade habitual autoselecionada, de forma segura.

O teste tem início após o sinal de partida representado simultaneamente pela flexão do braço esquerdo do avaliador e pelo comando verbal “vá” (instante em que inicia a cronometragem). A cronometragem será parada somente quando o sujeito colocar-se novamente na posição inicial sentado, com as costas apoiadas na cadeira. É considerado pelos autores, como desempenho normal para adultos saudáveis, um tempo de até dez segundos. Para tempos acima de dez segundos, gastos para a realização da tarefa, torna-se necessária a avaliação mais deta-

lhada do indivíduo para verificar o grau de comprometimento funcional<sup>17</sup>.

Todos os participantes executaram o TUG em três condições distintas. A condição um (C1) foi executada em uma tentativa. Ela consistiu na familiarização com o teste, quando o sujeito foi orientado a respeito dos procedimentos de execução e qualquer dúvida a respeito dessa execução foi solucionada. A condição dois (C2) consistiu na execução do teste três vezes, e na três (C3) ele foi executado três vezes com acréscimo da verbalização dos meses do ano em ordem inversa simultaneamente à sua realização (TUG com Dupla Tarefa – TUG DT). Durante a condição três, os voluntários foram orientados a não privilegiar nenhuma das duas tarefas. As condições dois e três foram aleatorizadas por sorteio simples de modo a garantir que metade dos voluntários desempenharia cada condição primeiro. As tentativas foram filmadas a 30 fps; e os resultados foram analisados posteriormente usando o aplicativo computacional VirtualDub 1.9.11. Os resultados expressos são médias dos valores obtidos nas três tentativas.

Para o cálculo da variabilidade dos parâmetros espaçotemporais, a medida usada foi a média aritmética dos desvios-padrão (MédiaDP)<sup>6, 18</sup>, determinada para cada variável, de acordo com a equação (1), a seguir:

$$\text{MédiaDP} = \langle \text{DP}(i) \rangle_i, i = \{0 - 100\% \text{ do ciclo da marcha} \} \quad (1)$$

O DP(i) indica o desvio-padrão de uma medida i% de cada ciclo da marcha e  $\langle \rangle_i$  denota a média de todos os i.

## Análise dos dados

Realizou-se a verificação da distribuição dos dados por meio do teste Shapiro-Wilk. As diferenças estatísticas entre as tentativas foram analisadas por meio do teste de Mann Whitney (para análises não pareadas) e Wilcoxon (para análises pareadas) devido às características não paramétricas das variáveis “Tempo de teste”,

“Número de passos”, “Cadência”, “Tempo de levantar”, “Velocidade média” e “Índice de variabilidade do tempo de passos”. Foi adotado o índice de significância de 5% ( $p < 0,05$ ). Para o processamento dos dados, utilizou-se o *software* GraphPad Prism, versão 5.0.

## Resultados

Todos os sujeitos avaliados se apresentaram de acordo com os critérios de inclusão. A pontuação média obtida no MEEM foi a de  $29 \pm 1,50$  pontos, sendo a massa corporal média dos sujeitos de  $61,24 \pm 11,23$  kg, a estatura média de  $1,68 \pm 0,07$  metros e o IMC de  $21,60 \pm 2,86$ . A Tabela 1 apresenta a pontuação final obtida por todos os participantes nos testes TUG e TUG DT. Nesta, observaram-se variações estatisticamente significantes no tempo de execução (com aumento deste tempo), no número de passos (com aumento) e na velocidade média (com diminuição) durante o teste TUG DT.

A Tabela 2 relata a paridade entre homens e mulheres durante a execução dos testes, sem indicações de diferenças significativas para as condições estudadas.

A Tabela 3 é destinada às comparações entre as modalidades de testes exclusivamente para a população masculina. Observou-se que não houve diferenças estatísticas significantes para as variáveis analisadas entre os dois testes.

**Tabela 2:** Valores de p para as comparações entre homens e mulheres durante os testes TUG e TUG DT

	TUGt normal	TUGt DT
Tempo de teste (s)	0,82	0,36
Nº de passos	0,84	0,52
Cadência	0,49	0,79
Tempo de levantar (s)	0,36	0,93
Velocidade média (m/s)	0,82	0,21

TUGt: Timed Up and Go total; TUGt DT: Timed Up and Go total Dupla Tarefa; Mín-Máx: Valores mínimo e máximo; p: Índice de significância; s: segundos; m/s: metros por segundo.

A Tabela 4 apresenta os resultados obtidos para o desempenho feminino nos testes. Esta tabela mostra aumento do tempo total e do número de passos, assim como diminuição da velocidade média preferencial durante a execução do teste TUG DT, variações consideradas estatisticamente significantes.

Por meio da Tabela 5, observou-se o índice de variabilidade referente ao tempo de duração de cada passo durante a realização dos testes para a população total e dividida entre os sexos. O índice mostra aumento do número absoluto da variabilidade para o desenvolvimento do teste TUG DT, tanto para a população total como para as populações isoladas. Observa-se que só ficou evidenciada diferença estatisticamente significativa entre o TUG total e TUG DT total ( $p = 0,01$ ). Contudo, não ficaram evidenciadas di-

**Tabela 1:** Desempenho total durante os testes TUG e TUG DT

	TUGt normal	Mín-Máx TUGt normal	Mediana TUGt normal	TUGt DT	Mín-Máx TUGt DT	Mediana TUGt DT	p
Tempo de teste (s)	$9,38 \pm 1,55$	7,10-14,72	9,22	$11,05 \pm 2,20$	9,30-18,68	10,39	$< 0,01^*$
Nº de passos	$12,64 \pm 1,3$	10-15	12	$14 \pm 1,75$	12-18	13	$< 0,01^*$
Cadência	$1,33 \pm 0,17$	1,08-1,69	1,35	$1,28 \pm 0,13$	0,99-1,52	1,29	0,05
Tempo de levantar (s)	$1,42 \pm 0,42$	0,80-2,19	1,32	$1,41 \pm 0,43$	0,80-2,64	1,35	0,75
Velocidade média (m/s)	$0,65 \pm 0,09$	0,46-0,91	0,65	$0,6 \pm 0,26$	0,38-0,73	0,58	$< 0,01^*$

TUGt: Timed Up and Go total; TUGt DT: Timed Up and Go total Dupla Tarefa; Mín-Máx: Valores mínimo e máximo; p: Índice de significância; \*valor estatisticamente significativo; s: segundos; m/s: metros por segundo.

**Tabela 3:** Desempenho masculino durante os testes TUG e TUG DT

	TUGm normal	Mín-Máx TUGm normal	Mediana TUGm normal	TUGm DT	Mín-Máx TUGt DT	Mediana TUGm DT	p
Tempo de teste (s)	9,71±1,89	4,64-14,72	9,36	11,65±2,79	8,10-18,66	10,96	0,03*
Nº de passos	12,75±1,36	11-15	12,83	14,36±2,11	12-18	13,83	0,06
Cadência	1,33±0,14	1,04-1,52	1,32	1,27±0,14	0,99-1,47	1,29	0,29
Tempo de levantar (s)	1,34±0,34	1,01-2,11	1,21	1,40±0,38	1,14-2,2	1,39	0,84
Velocidade média (m/s)	0,63±0,09	0,4-0,78	0,64	0,54±0,10	0,32-0,73	0,54	0,03*

TUGm: Timed Up and Go masculino; TUGm DT: Timed Up and Go masculino Dupla Tarefa; Mín-Máx: Valores mínimo e máximo; p: Índice de significância; \*valor estatisticamente significativo; s: segundos; m/s: metros por segundo.

**Tabela 4:** Desempenho feminino durante os testes TUG e TUG DT

	TUGf normal	Mín-Máx TUGf normal	Mediana TUGf normal	TUGf DT	Mín-Máx TUGf DT	Mediana TUGf DT	p
Tempo de teste (s)	9,19±1,19	6,58-10,31	9,20	10,77±1,80	9,17-15,67	9,89	<0,01*
Nº de passos	12,57±1,3	10-15	12	13,52±1,52	11-17	13,33	0,01*
Cadência	1,38±0,18	1,08-1,69	1,36	1,29±0,13	1,12-1,60	1,28	0,10
Tempo de levantar (s)	1,47±0,46	0,80-2,46	1,37	1,42±0,47	0,80-2,64	1,32	0,56
Velocidade média (m/s)	0,66±0,09	0,46-0,91	0,65	0,64±0,32	0,38-0,65	0,61	0,02*

TUGf: Timed Up and Go feminino; TUGf DT: Timed Up and Go feminino Dupla Tarefa; p: Índice de significância; \*: Valor estatisticamente significativo; s: segundos; m/s: metros por segundo.

**Tabela 5:** Índice de variabilidade médio do tempo de passos durante os testes TUG e TUG DT

	Total	Homem	Mulher
TUG	3,42*	2,91	2,56
TUG DT	5,31	3,79	5,00

TUG: Timed Up and Go; TUG DT: Timed Up and Go Dupla Tarefa. \*: Diferença estatisticamente significativa entre TUG total e TUG DT total.

ferenças estatisticamente significantes quando é feita a comparação isoladamente para homens (p=0,27) e para mulheres (p=0,17).

## Discussão

Neste estudo, exploraram-se as alterações nos parâmetros espaçotemporais da marcha

frente ao incremento de demandas cognitivas associadas a tal tarefa. A simulação foi proposta devida a sua familiaridade e recorrência com situações extralaboratoriais.

Altos valores de variabilidade no andar referem-se a flutuações nos parâmetros de marcha de uma passada para outra. Este fato é considerado um indicativo de instabilidade e reflete distúrbios no controle motor resultantes de déficits no sistema nervoso central e periférico<sup>11, 13, 14</sup>. O aumento da variabilidade nos padrões de marcha pode ser ocasionado por diversas situações, entre elas a execução simultânea de tarefas cognitivas<sup>1</sup>.

Indivíduos que, quando expostos a condições de risco, como é o caso da execução de tarefas simultâneas à marcha, alteram sua cadência e seu tempo de realização do passo e estão sujeitos a prováveis déficits neuromusculares. Em geral, a adoção de um andar mais lento com

base de suporte ampliada e velocidade reduzida é a estratégia mais utilizada para compensar declínios funcionais<sup>19, 20</sup>. Todavia, deve-se aprofundar na obtenção de limiares para identificar e diferenciar aspectos fisiológicos de manifestações patológicas.

Com o objetivo de estudar comportamentos motores associados à execução de tarefas cognitivas, Schultz, Lloyd e Lee<sup>4</sup> propuseram para sujeitos adultos a execução simultânea de marcha com três tarefas distintas associadas. Foi solicitada a caminhada em velocidade, de preferência carregando um cesto de 9 kg; posteriormente, carregar um copo com água sobre uma bandeja; e, para finalizar, responder a questões previamente delimitadas. Os resultados encontrados mostram a adoção de passos mais lentos e curtos durante a execução da marcha associada em relação à marcha isenta de tarefas concomitantes. Estes pesquisadores relatam que o aumento da variabilidade do tempo de passo e a **adoção de passos mais curtos e lentos** podem ser indicativos de concorrência por demandas da função executiva de nível central para o controle da marcha.

Em outro estudo<sup>21</sup>, os pesquisadores envolvidos analisaram o efeito da adição de diferentes tarefas cognitivas sobre o controle dos movimentos do tronco durante uma caminhada em sujeitos idosos. Como resultado, os participantes revelaram alterações na estabilidade postural durante a execução de tarefas associadas e redução das condições de balanço, principalmente nas direções médio laterais, **proporcional à dificuldade da tarefa cognitiva executada**.

No estudo aqui apresentado, mostra-se que o incremento de uma tarefa cognitiva (como a de verbalização dos meses do ano em ordem inversa) à marcha pode alterar o desempenho da atividade de caminhar, mostrando uma perda da eficiência ao realizar as tarefas propostas, com aumentos no tempo de execução do teste e no número de passos, além de diminuições na cadência e na velocidade média.

Sobre o desempenho relativo ao sexo dos participantes, notou-se, como descreve a Tabela

2, que não houve diferenças estatisticamente significantes de comportamentos nos desempenhos de homens e mulheres. Quando se compara o resultado final obtido para cada sexo (Tabelas 3 e 4) em cada variável separadamente, observa-se que para ambos os grupos o tempo de execução do teste aumentou com o incremento da dupla tarefa e, conseqüentemente, a velocidade média de execução foi reduzida. Além disso, para as mulheres ocorreu aumento significativo do número de passos.

A variável “tempo de levantar” não se alterou significativamente em nenhuma condição de análise. Esta variável era destinada a fornecer dados relativos ao tempo de reação do início do teste até o momento em que os participantes ficassem em postura ortostática. Ao analisar-se esta variável com base no valor de referência de  $p (0,05)$ , não se observaram diferenças estatísticas significantes, levando a entender que, independentemente da assimilação ou não da tarefa cognitiva, os sujeitos adotaram a tarefa de levantar como uma atitude primária fundamental para o desenvolvimento das demais tarefas que a seguiriam. Então, apenas depois de cumprida esta tarefa, eles começariam a desenvolver a caminhada ou a caminhada de dupla tarefa. Contudo, ao verificar-se seu valor médio, observa-se que ocorreu aumento neste valor para os homens, mas diminuição para as mulheres; esta diferença de comportamento pode indicar que a programação para a realização da tarefa cognitiva se iniciou de maneira prematura nos homens.

Quanto ao índice de variabilidade para o tempo de passos (Tabela 5), no que diz respeito à pontuação absoluta, os valores foram maiores para o teste TUG DT, quando comparados ao TUG normal. Este acréscimo indica que, no decorrer do teste, com o incremento da execução da verbalização dos meses do ano, tanto homens quanto mulheres variaram mais seu padrão de deslocamento espacial, com alteração no tempo referente a cada passo, comprometendo o padrão de simetria da marcha.

Levantar hipóteses sobre o porquê das diferenças entre a execução da marcha isolada e

da agregada a uma tarefa cognitiva nos remete a demais estudos nos quais é mostrado que esta associação acarreta alterações no desenvolvimento das atividades<sup>5,7,12</sup>. Em seus contextos, as explicações propostas nesses trabalhos se baseiam na degradação da função relativa à divisão da atenção entre as tarefas a serem executadas e ao potencial limitado de atuação da função executiva<sup>22</sup>. A função executiva está diretamente associada a áreas nervosas centrais, principalmente aos lobos cerebral frontal e pré-frontal dorsolateral (área de Brodmann) e ao córtex cingulado. A região dos lobos frontais está diretamente relacionada à autorregulação e aos processos de raciocínio<sup>22,23</sup>. Contudo, estes últimos estudos não investigam a existência de diferenças de desempenho nas atividades entre homens e mulheres. Para o trabalho em questão, hipotetizou-se que as diferenças encontradas possam ser consequências do tipo de raciocínio priorizado em cada classe de participantes, o que leva a entender que os homens participantes utilizaram-se de estratégias que os favoreceram no desempenho da atividade motora, como, por exemplo, o controle sobre os demais fatores psicológicos envolvidos nas tarefas, como ansiedade ou nervosismo, ou mesmo, que possam existir outros fatores não abordados por esta pesquisa que influenciaram o resultado dos testes, como, por exemplo, o nível de consciência corporal de cada sujeito.

Baseado nos resultados obtidos neste trabalho, se o desempenho de uma atividade motora simples, como é o caso da deambulação, pode ser influenciado pela execução concomitante de tarefas cognitivas, esta influência poderá ser observada em maior intensidade, quando considerando atividades motoras que exigem maior concentração para sua execução. Dentre outros exemplos, cita-se que o ato de dirigir um veículo, ou o de trabalhar com uma máquina, pode ter comprometimentos significativos, se o seu condutor desempenhar outras tarefas, como conversar pelo telefone celular.

Para estudos posteriores, indica-se a observação de demais faixas etárias, assim como

diferentes níveis de dificuldade durante a escolha das tarefas associadas selecionadas.

## Conclusão

Concluí-se este estudo observando que o incremento de tarefas cognitivas a tarefas motoras, como, neste caso, a marcha, pode acarretar alterações nos parâmetros espaçotemporais, na forma de redução da velocidade de marcha, além de aumento no tempo total de execução do teste e da variabilidade do tempo de passo.

## Referências

1. Beauchet O, Dubost V, Aminian K, Gonthier R, Kressig RW. Dual-task-related gait changes in the elderly: does the type of cognitive task matter? *J Mot Behav*. 2005;37(4):259-64.
2. Tsang WW, Lee KY, Fu AS. 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*. 2008;30(15):1116-22.
3. Abbud GAC, LI KZH, DeMont RG. Attentional requirements of walking according to the gait phase and onset of auditory stimuli. *Gait Posture*. 2009;30(2):227-32.
4. Schultz BW, Lloyd JD, Lee WE. The effects of everyday concurrent tasks on overground minimum toe clearance and gait parameters. *Gait Posture*. 2010;32(1):18-22.
5. Lamothe CJ, van Deudekom FJ, van Campen JP, Appels BA, De Vries OJ, Pijnappels M. Gait stability and variability measures show effects of impaired cognition and dual tasking in frail people. *J Neuroeng Rehabil*. 2011;8:2.
6. Kang HG, Dingwell JB. Separating the effects of age and walking speed on gait variability. *Gait Posture*. 2008;27(4):572-7.
7. Nordin E, Moe-Nilssen R, Ramnemark A, Lundin-Olsson L. Changes in step-width during dual-task walking predicts falls. *Gait Posture*. 2010;32(1):92-7.

8. Brach JS, Berlin JE, Van Swcaringer JM, Newman AB, Studenski SA. 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.* 2005;2:21.
9. Brach JS, Studenski SA, Perera S, Van Swcaringer JM, Newman AB. Gait variability and the risk of incident mobility disability in community-dwelling older adults. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 2007;62(9):983-8.
10. 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.* 2009;29(2):261-6.
11. Callisaya ML, Blizzard I, Schmidt MD, McGinley JL, Srikanth VK. Ageing and gait variability—a population-based study of older people. *Age Ageing.* 2010;39(2):191-7.
12. Reelick MF, Van Iersel MB, Kessels RP, Rikkert MG. The influence of fear of falling on gait and balance in older people. *Age Ageing.* 2009;38(4):435-40.
13. Brach JS, Studenski S, Perera S, Van Swcaringer JM, Newman AB. Stance time and step width variability have unique contribution impairments in older person. *Gait Posture.* 2008;27(3):431-9.
14. Beauchet O, Allali G, Annweiler C, Bridenbaugh S, Assal F, Kressig RW, Herrmann FR. Gait variability among healthy adults: low and high stride-to-stride variability are both a reflection of gait stability. *Gerontology.* 2009;55(6):702-6.
15. Folstein MF, Folstein SE, Mchug H. Mini mental state: a practical method for grading the cognitive state of patients of the clinician. *J Psychiatr Res.* 1975;12(3):189-98.
16. Podsiadlo D, Richardson S. The timed Up & Go: a test of basic functional mobility for frail elderly persons. *J Am Geriatr Soc.* 1991;39(2):142-8.
17. Perracini MR, Gazzola J, Okuma L, Medeiros PRS. Levantar e Caminhar Cronometrado (Timed Up and Go) [acesso em: 2009 set 04]. Disponível em: <http://pequi.incubadora.fapesp.br/portal/testes/TimedUpAndGo>
18. Kang HG, Dingwell JB. Dynamics and stability of muscle activations during walking in healthy young and older adults. *J Biomech.* 2009;42(14):2231-7.
19. Priest AW, Salamon KB, Hollman JH. Age-related differences in dual task walking: a cross sectional study. *J Neuroeng Rehabil.* 2008;14(5):29.
20. 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.* 2009;29(4):558-64.
21. Doi T, Asai T, Hirata S, Ando H. Dual-task costs for whole trunk movement during gait. *Gait Posture.* 2011;33(4):712-4.
22. Yogev-Seligmann G, Hausdorff JM, Giladi N. The role of executive function and attention in gait. *Mov Disord.* 2008;23(3):329-42.
23. Coppin AK, Shumway-Cook A, Saczynski JS, et al. Association of executive function and performance of dual-task physical tests among older adults: analyses from the InChianti study. *Age Ageing.* 2006;35(6):619-24.

