

## Artigo original

# Análise do controle de tronco de pacientes hemiparéticos e suas implicações na velocidade da marcha em escada e rampa com associação ou não a uma dupla tarefa

## *Analysis of trunk control of hemiparetic patients and their implications on gait speed on stairs and ramp with association or not to dual task*

Letícia Ferro Carapeto, Ft.\*

.....  
\*Pós-graduanda pela AACD-SP

### Resumo

Para a realização da marcha é necessário a ativação de um padrão complexo de contrações musculares e sinais descendentes do sistema nervoso em diversos segmentos do corpo, a fim de produzir um movimento coordenado de passos, resultando na progressão e tornando o tronco a base deste mecanismo. Este trabalho teve por objetivo analisar o controle de tronco e cronometrar a velocidade da marcha em indivíduos que sofreram AVE em piso plano, ao subir e descer escada e rampa, com o corpo em movimento, enquanto executavam ou não uma dupla tarefa. Fizeram parte deste estudo 6 pacientes, sendo 4 homens e 2 mulheres, com idade entre 28 e 62 anos. Obteve-se como resultado que a menor velocidade da marcha está associada ao tronco mais comprometido, os pacientes com hemiparesia à esquerda foram os mais velozes e no ato de subir a velocidade foi maior do que no ato de descer. Concluiu-se que, estatisticamente, não há alteração significativa na velocidade quando associado à dupla tarefa. Faz-se necessária a realização de mais estudos sobre a velocidade da marcha em diferentes pisos, para que o processo de reabilitação seja mais eficaz e para que o indivíduo se torne o mais independente possível.

**Palavras-chave:** acidente cerebral vascular, controle de tronco, dupla tarefa.

### Abstract

In order to perform gait a complex activation of muscle contractions and descending signals of nervous system in different body segments are needed, aiming at producing a coordinated stepping movements, resulting in progression and using the trunk as basis of this mechanism. The aim of this study work was to analyze the trunk control and to evaluate gait speed of individuals after EVA in plain floor, during walking up and down stairs and slope, with body in movement, while they perform or not a dual-task. The study was composed by 6 patients, 4 men and 2 women, aged between 28 and 62 years. Results showed that lower gait speed is associated with more compromised trunk, patients with left hemiparetic were the fastest in walking upstairs than down. It was concluded that, statistically, there was no significant alteration in speed when associated to dual-task. Further studies on gait speed in different floors are needed in order to have a rehabilitation process more efficient and the individual to become as independent as possible.

**Key-words:** stroke, trunk control, dual-task.

Recebido em 12 de novembro de 2008; aceito em 15 de fevereiro de 2009.

**Endereço para correspondência:** Letícia Ferro Carapeto, Rua Elias Bedran, 478 Limoeiro 08051-480 São Paulo SP, Tel (11) 7110-2432, E-mail: letícia\_carapeto@yahoo.com.br

## Introdução

Desde que os seres humanos adotaram a postura bípede, o desenvolvimento da musculatura extensora antigravitacional possibilitou a manutenção do controle postural ortostático e, assim, o tronco se tornou a base de controle para todos os movimentos seletivos do corpo contra a gravidade, proporcionando um suporte móvel, ainda que estável, para capacitar o indivíduo na interação com o ambiente na realização de múltiplas tarefas [1-4]. A aquisição do controle do tronco possibilitou a marcha independente permitindo que as mãos ficassem cada vez mais habilidosas para manipular objetos [5].

Embora a marcha seja um ato voluntário, uma vez iniciada, sobrepomos a esses movimentos ações proposicionais e a ativação de um padrão complexo de contrações musculares e sinais descendentes do sistema nervoso (córtex sensorial, cerebelo núcleos da base e medula espinhal) em diversos segmentos do corpo, a fim de produzir um movimento coordenado de passos, resultando na progressão da marcha com velocidade normal de aproximadamente 1,33 m/s [2,6].

Quando o indivíduo é vítima de um acidente vascular encefálico (AVE), os déficits neurológicos e desequilíbrios musculares podem perturbar a versatilidade funcional dos pacientes, reduzindo a velocidade da marcha, aumentando o gasto energético e comprometendo sua independência nas atividades de vida diária (AVD) [7].

O paciente aprende a modificar o andar, em antecipação às ameaças potencialmente desestabilizadoras do equilíbrio e desenvolve estratégias eficientes durante a locomoção. O objetivo passa a ser muito maior do que deambular em ambiente domiciliar com superfícies planas, sendo que para se tornar capaz de deambular em ambiente comunitário, os indivíduos hemiparéticos devem andar no piso plano com velocidade mínima de 0,8 m/s e vencer as distrações proporcionadas pelo ambiente, como condições visuais reduzidas ou dicas visuais móveis, percorrer terrenos irregulares, inclinados, shoppings, supermercados, atravessar a rua, manipular objetos e subir e descer escadas. A avaliação da velocidade da marcha humana no piso plano tem sido utilizada como um instrumento de triagem clínica para predizer o *status* funcional que indivíduos podem atingir na reabilitação. O treinamento das tarefas mais complexas certamente trará ao indivíduo maior domínio das tarefas menos complexas e os atos de subir e descer rampas e escadas, que fazem parte do contexto ambiental desses indivíduos, ainda não possuem seus parâmetros normais de velocidade descritos na literatura [2].

O objetivo deste estudo foi analisar a velocidade da marcha em rampa e escada, dos indivíduos hemiparéticos após AVE isquêmico no território da artéria cerebral média, enquanto realizavam ou não uma dupla tarefa, além de correlacionar as performances obtidas com a avaliação do controle de tronco em cada indivíduo.

## Material e métodos

Foi estudada a velocidade da marcha de seis indivíduos hemiparéticos, recrutados no setor de fisioterapia de adultos da Associação de Assistência à Criança Deficiente (AACD), São Paulo, SP, Brasil, em setembro e outubro de 2006. Todos os participantes assinaram um termo de consentimento autorizando a sua participação de forma voluntária e a divulgação dos resultados.

Foram incluídos indivíduos com diagnóstico de Acidente Vascular Encefálico (AVE) com lesão na artéria cerebral média direita ou esquerda, tempo de lesão de 24 até 50 meses, com *status* funcional mínimo, com marcha domiciliar e capacidade de deambular 20 metros incluindo, piso plano, terrenos irregulares, inclinados e escada, com/sem apoios externos e/ou auxiliares de marcha como bengala de 1 ou 4 pontos e órteses suropodálicas. O membro inferior parético dos indivíduos, deveria apresentar grau de força mínimo de 2 para os músculos dorsiflexores do tornozelo e grau de força de 2 até 4 para flexores e extensores de joelho, quadril e abdutores de quadril, classificados conforme a Escala de Daniel's. Quanto ao membro superior parético, os pacientes deveriam apresentar grau de força 2 durante a flexão e extensão do ombro e preensão palmar grosseira. Adotou-se como critério de exclusão paciente com histórico de evento hemorrágico e/ou mais de um evento isquêmico encefálico, deformidades estruturadas, ausência total da sensibilidade superficial e profunda no hemicorpo acometido, incapacidade de compreender comandos com ordens simples, estado gravítico ou cadeirantes. Não houve distinção de raça, sexo, classe social, etnia e idade.

Os indivíduos incluídos foram triados por uma única pesquisadora, que coletou os dados pessoais e demais mensurações da escala de tronco e registros das velocidades da marcha na escada e rampa. Os pacientes recrutados para este estudo totalizaram oito, dos quais dois foram excluídos do trabalho pelo fato de serem cadeirantes.

Os seis indivíduos que participaram do estudo foram submetidos à coleta de dados pessoais e à avaliação da *Trunk Impairment Scale (TIS)* [8], que avalia a lesão do tronco após o acidente vascular encefálico quanto ao equilíbrio estático, dinâmico e a coordenação na postura sentada, sendo que os resultados variam de 0 a 23. Este instrumento também tem por objetivo pontuar a qualidade do movimento e orientar o tratamento que deverá ser seguido [8]. Em seguida, foram coletados os tempos dos participantes para realizar cada uma das tarefas por examinador utilizando um cronômetro SW 3024 LT da marca *Speedo*<sup>®</sup>, com controle manual, calibrados em minutos, segundos e milésimos de segundos. Os pacientes foram informados do que consistia cada tarefa e que elas deveriam ser realizadas em sua velocidade habitual. A análise foi feita em um dia e um paciente por vez, separadamente, para que não houvesse influências entre eles.

Na escada e na rampa, antes do disparo do cronômetro, o avaliador emitia um primeiro comando “prepara” para deixar o indivíduo em estado de alerta. O cronômetro era disparado no terceiro segundo após o comando de alerta, portanto, no segundo comando “vá”, ou seja, ao mesmo tempo em que o indivíduo desprendia o calcanhar do piso (fase de pré-balanço da marcha) para iniciar o ato de subir ou descer. O cronômetro era parado ao final do percurso da tarefa, imediatamente quando os dois pés do indivíduo estivessem em contato com o solo (fase de duplo apoio terminal da marcha).

Em seguida, os pacientes procediam sempre na mesma seqüência, primeiramente na escada e posteriormente na rampa: 1) subir com a posição inicial do corpo em movimento livre (CMS); 2) descer com a posição inicial do corpo em movimento livre (CMD); 3) subir com a posição inicial do corpo em movimento com sacola (CMSc); 4) descer com a posição inicial do corpo em movimento com sacola (CMDc).

A escada utilizada neste estudo era fixa, localizada em ambiente fechado, composta por 9 degraus com o piso de concreto, largura de 31 cm e altura (espelho) de 16,5 cm. A largura da escada era de 140 cm, com desnível de 144 cm e com 3 m e 32 cm de distância. A identificação do ângulo de inclinação da escada foi calculada pela divisão entre o cateto oposto (soma dos espelhos dos degraus) e a hipotenusa (distância da escada), definindo, portanto, o arco seno do ângulo encontrado (26,5°). Os corrimãos da escada eram formados de material metálico situados bilateralmente, com 120 cm distantes um do outro, seção circular com 4 cm de diâmetro, 4 cm da barra até a parede e 85 cm de altura, a partir do solo até a sua borda superior.

A rampa, também localizada em ambiente fechado, era formada por concreto e revestida por piso metálico e com material anti-derrapante. Possuía 9 m de comprimento, 80 cm de desnível e 6,15% de inclinação (ângulo de 3,5°). O corrimão também era metálico e 148 cm de distância entre eles, com 4 cm de diâmetro de seção circular, 4 cm de distância da parede e 75 cm de altura, a partir do solo até a borda superior. A escada e a rampa obedeciam aos padrões estabelecidos pelas leis brasileiras, cujas características e dimensões são reguladas pela (ABNT) Associação Brasileira de Normas Técnicas [9].

Para estudarmos as variações de velocidade da marcha envolvendo dupla tarefa, foi utilizada uma sacola plástica com duas alças contendo um haltere de ferro revestido por borracha de cor branca com massa de 1 kg.

Nas tarefas os indivíduos eram posicionados na marcação no solo (com uma fita adesiva) três metros antes da base da escada, caracterizando o início do ato de subir e descer com o corpo em movimento, sendo orientados a continuar deambulando por mais três metros após a finalização do ato (até a outra marcação no solo com uma fita adesiva) de subir ou descer, carregando ou não uma sacola.

As velocidades da marcha na escada e rampa, associada ou não à dupla tarefa, foram calculadas pela razão entre a distância percorrida e o intervalo de tempo necessário para cada indivíduo concluir as tarefas. Na finalização do trabalho, os resultados dos instrumentos foram analisados e as considerações finais foram estabelecidas a partir dos dados levantados.

Foram calculadas as médias das velocidades das atividades na rampa e na escada, considerando as mensurações dos trajetos inclinados pelo teorema de Pitágoras. O Teste de Wilcoxon foi utilizado para comparar as atividades em cada paciente, entre carregar e não carregar uma sacola, tanto para o ato de subir como para o ato de descer escada e rampa, e não houve significância estatística, pelo fato do  $p$  ser menor que 0,05.

## Resultados

Não houve diferença significativa quando a atividade foi associada a uma dupla tarefa. Entre as atividades CMS X CMSc  $p = 0,16$ ; CMD X CMDc  $p = 0,22$  para a escada e CMS X CMSc  $p = 0,69$ ; CMD X CMDc  $p = 0,09$  para a rampa.

**Tabela I** - Descrição de cada paciente referente à lateralidade da seqüela direita ou esquerda, idade e tempo de lesão em meses.

Pa- ciente	Sexo	Hemi- pare- sia à direita	Hemipa- resia à esquerda	Idade	Tempo de lesão
1	M	X		28 anos	1 ano
2	M	X		32 anos	3 anos
3	F	X		62 anos	8 anos
4	M		X	31 anos	1 ano e 6 meses
5	F		X	39 anos	6 meses
6	M		X	44 anos	3 anos e 6 meses

**Tabela II** - Velocidade dos atos de subir e descer escada e a pontuação do controle do tronco Trunk Impairment Scale (TIS).

Paciente	Escada				TIS
	CMS	CMSc	CMD	CMDc	
1	0,14	0,22	0,16	0,16	14
2	0,21	0,16	0,18	0,14	14
3	0,42	0,39	0,35	0,41	15
4	0,39	0,23	0,33	0,21	13
5	0,19	0,17	0,19	0,17	14
6	0,71	0,60	0,62	0,46	19

CMS, corpo em movimento subir; CMSc, corpo em movimento subir com sacola; CMD, corpo em movimento descer; CMDc, corpo em movimento descer com sacola.

**Tabela III** - Velocidade dos atos de subir e descer rampa e pontuação do controle de tronco *Trunk Impairment Scale (TIS)*.

Paciente	Rampa				TIS
	CMS	CMSc	CMD	CMDc	
1	0,59	0,56	0,65	0,59	14
2	0,82	0,57	0,87	0,52	14
3	1,09	0,91	1,05	0,86	15
4	0,80	0,87	0,89	0,85	13
5	0,65	0,64	0,66	0,55	14
6	1,62	1,32	1,44	1,18	19

CMS, corpo em movimento subir; CMSc, corpo em movimento subir com sacola; CMD, corpo em movimento descer; CMDc, corpo em movimento descer com sacola.

## Discussão

A marcha é um meio natural de deslocamento para o corpo percorrer curtas distâncias, com velocidade esperada para indivíduo saudável de aproximadamente 1,33m/s em piso plano. Porém, tais dados não estão definidos para pisos como escadas e rampas, tendo em vista que estes atos de subir e descer são extremamente importantes para serem vivenciados na reabilitação dos pacientes com redução na mobilidade. Os pacientes hemiparéticos, vítimas de AVE, almejam voltar a deambular em ambiente comunitário e para que isto ocorra com segurança o indivíduo tem que ser capaz de vencer as exigências e distrações impostas pelo ambiente e, simultaneamente, realizar múltiplas tarefas enquanto deambula. É necessário que haja integração entre o sistema visual e o sistema músculo-esquelético, incluindo o tronco e menor gasto energético para a realização destas tarefas [10-12].

As redes neurais, também responsáveis pela ativação da marcha, estão localizadas na medula espinal e são capazes de produzir movimentos rítmicos, que é exatamente o que ocorre durante a deambulação. Para melhor desempenhar essa função inclui-se o fator supra-espinal, que é importante não somente para iniciar a locomoção, mas também adaptá-la a diferentes circunstâncias; o sistema sensorial aferente, que envolve os músculos e os reflexos cutâneos, ajuda a regular e assegurar a transição das cadências do ciclo locomotor e o sistema neuromodulador, o qual envolve as mudanças na propriedade celular e sináptica dos neurônios e produz a coordenação para a locomoção.

À medida que o indivíduo envelhece ocorrem alterações hormonais, diminuição do número de fibras musculares e alteração nas atividades da vida diária. Quando há um processo patológico associado ao envelhecimento, as atividades ficam ainda mais comprometidas, dentre elas a deambulação e a superação de obstáculos que compõe as construções da cidade. As barreiras recrutam o sistema nervoso central e o sistema músculo-esquelético, para ocorrer ajustes no padrão de marcha com segurança [14]. O paciente passa, então, a não antecipar as ameaças em potencial que o ambiente está impondo, gerando desta forma instabilidade, perda do equilíbrio e distração du-

rante a marcha, em especial quando esta é realizada em terrenos irregulares, inclinados ou em ambientes com muitas aferências como shopping, supermercado ou na rua [2].

Quando a marcha é realizada na subida de uma escada, é necessário que ocorra sinergismo muscular para controlar as contrações concêntricas e estabilizar o corpo; já na descida é necessário sinergismo para contração excêntrica, o qual também controla a resposta do corpo em relação à gravidade. Esta atividade tem de ser feita com o menor custo energético possível e a acuidade visual degradada interfere significativamente na colocação do pé no degrau e no afastamento do mesmo [15].

Neste estudo notamos que os pacientes mais velozes obtiveram melhor controle de tronco ao subir a escada sem sacola, o que pode ser justificado pela atenuação da demanda, garantindo maior estabilidade para um sistema neural lesado e um sistema músculo-esquelético biomecânicamente deficitário. Com exceção do paciente 4, que sendo um dos mais jovens do grupo, obteve a menor pontuação no TIS e a segunda maior velocidade. Os pacientes com hemiparesia à esquerda obtiveram velocidade maior que os pacientes com hemiparesia à direita e quando houve a associação da dupla tarefa a velocidade diminuiu em cinco dos seis pacientes que foram estudados. Para subir escada, o corpo precisa produzir força concêntrica dos músculos retofemoral, vasto lateral, solear e gastrocnêmios para impulsionar o corpo e controlar o centro de gravidade para garantir o equilíbrio corporal que é constantemente mutável. Estes pacientes possuem os músculos paréticos, portanto, ocorre perda de força muscular, não somente dos músculos dos membros inferiores, mas também do tronco, sendo o principal o reto abdominal e transversos do abdome, que devem atuar durante toda a atividade, seja para subir ou descer [2,6,15].

Como constatado na subida da escada, no ato de descer, sem associação da dupla tarefa, notamos que os pacientes mais velozes obtiveram maior pontuação no TIS, sendo que tanto os pacientes com hemiparesia à direita quanto os que eram hemiparéticos à esquerda foram comprometidos igualmente. As quedas de escadas para indivíduos saudáveis ocorrem quatro vezes mais durante a descida, o que pode justificar, em parte, a diminuição da velocidade em quatro dos seis pacientes hemiparéticos, principalmente quando foi associada à dupla tarefa. Para a realização desta tarefa os pacientes devem controlar excentricamente, os mesmos grupos musculares recrutados durante a subida. Assim como para subir a escada, a musculatura dos membros inferiores e do tronco é de extrema importância para garantir o controle da velocidade no ato de descer, principalmente para oferecer estabilidade e controlar o centro de gravidade, a qual desperta uma sensação eminente de queda [2,6,15]. Nesta atividade os músculos tríceps sural, tibial anterior, quadríceps, iliopsoas e ísquios-tibiais são os mais recrutados. A paresia muscular que ocorre nesta patologia gera desequilíbrios musculares, alterando não somente a velocidade, mas também a qualidade com que a marcha é realizada [6,15].

Ao analisarmos os seis pacientes, durante a subida da rampa, podemos perceber que na marcha com a sacola a velocidade aumentou em 4 pacientes, quando comparados com a marcha livre, sendo que os pacientes mais velozes, obtiveram a maior pontuação no TIS. Nesta atividade, assim como a realizada na escada, o paciente 4, o qual possuía o tronco mais comprometido, teve a terceira melhor velocidade. Tanto os pacientes com hemiparesia à esquerda, quanto os com hemiparesia à direita, foram igualmente comprometidos, não havendo predomínio em nenhum grupo. A marcha em aclives e declives exige maior resistência muscular na subida com contração concêntrica da musculatura e contração excêntrica na descida, assim como ocorre na escada [18]. As fibras de contração lenta e as fibras de contração rápida (anaeróbica) são recrutadas em maior proporção durante esta atividade à medida que o ângulo de inclinação aumenta, sendo que a tensão sobre o tecido conectivo também será maior. No entanto, a instabilidade parece ser menor do que aquela gerada pela subida na escada, fato este, que deve favorecer um aumento do tônus muscular [14,16].

Durante a marcha com sacola, na descida da rampa houve redução da velocidade em cinco dos seis pacientes estudados, ou seja, os pacientes foram mais velozes para realizar a marcha livre. Neste caso, as dicas visuais para descer geram maior apreensão para quedas, além da instabilidade postural, atuação de contração muscular excêntrica e não carregar uma sacola neste momento deve diminuir as exigências do indivíduo com o controle motor prejudicado. Houve homogeneidade quanto ao comprometimento da velocidade dos hemiparéticos à direita e à esquerda e quanto menor o comprometimento de tronco, maior foi a velocidade dos atos, com exceção, também, do paciente 4. Os músculos que são ativados para esta tarefa são os mesmo para deambular em piso plano, porém a exigência em relação aos músculos é maior. Nesta atividade os músculos tríceps sural, tibial anterior, quadríceps, iliopsoas e ísquios-tibiais são os principais para a realização desta tarefa. Em função da paresia muscular que ocorre nesta patologia, a qual gera desequilíbrios musculares, é alterada não somente a velocidade, mas também a qualidade com que a marcha é realizada [6,15].

Independente do tipo de plano em que a marcha seja realizada, o tronco e a cabeça promovem estabilidade para controlar os movimentos em atividades com aumento da demanda, como subir e descer, assegurando que as dicas visuais possam garantir a segurança com menor gasto [6]. Isso vem ao encontro dos achados neste estudo, pois os pacientes que possuíam o controle de tronco mais deficitário apresentaram a velocidade da marcha reduzida. Quando os indivíduos realizaram as atividades com a dupla tarefa, notamos que houve interferência na velocidade da marcha, tanto na rampa como na escada, no entanto, as diferenças não foram estatisticamente significantes.

Por fim, mostra-se, através destes resultados e pelo fato do número de pacientes estudados ser pequeno, a importância da realização de mais estudos sobre a velocidade da marcha em

diferentes pisos, visando melhorar a reabilitação e ajudar na inserção dos pacientes com mobilidade reduzida na sociedade da forma mais independente possível.

## Conclusão

Conclui-se que no ato de subir, tanto na escada quanto na rampa, os pacientes obtiveram melhor desempenho do que quando comparado com a velocidade na descida, sendo que, estatisticamente, não há alteração significativa na velocidade quando estas atividades são associadas a uma dupla tarefa. É, portanto, necessária a realização de mais estudos sobre a velocidade da marcha em diferentes pisos para que o processo de reabilitação seja mais eficaz e para que o indivíduo se torne o mais independente possível.

## Referências

1. Fernandes PM, Cordeiro PB. A importância do controle de tronco: implicações para a função. In: Fisioterapia: aspectos clínicos e práticos da reabilitação. São Paulo: Artes Médicas; 2005. p. 383-402.
2. Taylor D, Shetton CM, Mudge S, Garret N. Does clinic-measured gait speed differ from gait speed measured in the community in people with stroke? *Clin Rehabil* 2006;20:5:438-44.
3. Mackay-Lyons M. Central pattern generation of locomotion: A review of the evidence. *Phys Ther* 2002;82:69-83.
4. Stanford C. Como nos tornamos bípedes. Traduzido por Lira R. Rio de Janeiro: Elsevier; 2004. p. 256.
5. Davies PM. Exatamente no centro: atividade seletiva do tronco no tratamento da hemiplegia no adulto. 1ª ed. São Paulo: Manole; 1996.
6. Cook AS, Woollacott MH. Controle motor: teoria e aplicações práticas. São Paulo: Manole; 2003.
7. Mohr JD. Management of the trunk in adult hemiplegia: The bobath concept. In: Herdman SJ, ed. Topics in neurology. Alexandria: American Physical Therapy Association; 1990.
8. Verheyden G, Nieuwboer A, Mertin J, Preger R, Kiekens C, De Weerd W. The Trunk Impairment Scale: a new tool to measure motor impairment of the trunk after stroke. *Clin Rehabil* 2004;18(3):326-334.
9. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Acessibilidade e edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos: NBR 9050. 2004; 97p.
10. Perry J. Análise de marcha. Traduzido por: Araújo AGN, Freitas CD. São Paulo: Manole; 2005.
11. Walters RL, Mulroy S. The energy expenditure of normal and pathologic gait. *Gait Posture* 1999;9:207-31.
12. Dobkin Bruce H. Short-distance walking and timed walking distance: Redundant measures for clinical trials? *Neurology* 2006;66(4):584-6.
13. Dietz V, Duysens J. Significance of load receptor input during locomotion: a review. *Gait Posture* 2000;11:102-10.
14. Staron RS. Human skeletal muscle fiber types: Delineation, development and distribution. *Can J Appl Physiol* 1997;22(4):307-27.
15. Simoneau GC, Cavanagh PR, Ulbrecht JS, Leibowitz HW, Tyrrell RA. The influence of visual factors on fall-related kinematic variables during stair descent by older women. *J Gerontol* 1991;46(6):188-95.
16. Redfern MS, DiPasquale J. Biomechanics of descending ramps. *Gait Posture* 1997;6:119-25.