

PRODUZINDO DISTÂNCIAS PARA EVITAR COLISÃO CONTRA UM OBSTÁCULO FIXO EM AMBIENTE RÍGIDO¹

*Bernardo Gomes
Elton Matsushima
Luiz Eduardo Oliveira
Myriam dos Santos
Nilton Ribeiro Filho²
José Aparecido da Silva*

RESUMO: As pessoas, durante uma tarefa de caminhar sem visão para alvos previamente visualizados, usualmente realizam-na acuradamente, mesmo sem feedback visual. Quando falham, acidentes, como quedas, podem ocorrer. Estas falhas são geralmente associadas com erros humanos durante os processos de tomada de decisão, de ação ou de percepção. O presente trabalho foi desenvolvido para verificar se tais falhas, numa tarefa de evitar colisão, são associadas à orientação espacial e a tendências do observador. Planejamento: 4 grupos experimentais (Cena Completa, obstáculo e pontos de desvio; Imaginar, somente obstáculo; Sem Obstáculo; somente pontos de desvio; 10s de Atraso, obstáculo e pontos de desvio) x 3 distâncias do obstáculo (três, sete e 12 metros) x 2 distâncias de desvio (0,5 e 1,0 metro). Os observadores observaram a cena e, então, caminharam sem visão para os pontos de evitação. Os resultados mostraram uma acurácia no grupo Cena Completa, o que sugere uma pronunciada ação da informação visual na coordenação de comportamentos motores. A subestimativa encontrada nos outros indica que processos cognitivos, como a tendência do observador, podem conduzir a erros na ação. A acurácia na distância caminhada entre os pontos de desvio a 1,0m pode ser devida ao conforto da situação ou à forte ação da dimensão frontoparalela.

Palavras Chave: Distância – Colisão - Obstáculos

DISTANCES PROCESSING TO COLLISION AVOIDANCE AGAINST FIXED OBSTACLES: RIGID ENVIRONMENT

ABSTRACT: During a task of blinded walking to previously seen targets, people often do it accurately, even without vision feedback. When they fail, accidents may happen, like falling. These failures are often associated with human mistakes during decision-making processes, action or perception. The present study was designed in order to verify if these failures, in a collision avoidance task, are associated to the spatial orientation and to observers' tendencies. Design: 4 experimental groups (Whole Scene, obstacle and avoidance points; Imagine, only obstacle; Without obstacle; avoidance points; 10sec Delay, obstacle and avoidance points) x 3 obstacle distances (three, seven and 12 meters) x 2 avoidance distances (0.5 and 1.0 meter). The observers saw the scene and then blinded walked to the avoidance points. The results showed an accuracy in the Whole Scene group, that suggest a powerful action of the visual information in the coordination of motor behaviors. The undershoot found on the others indicates that cognitive processes, like observers' tendencies, might lead to mistakes in action. The accuracy in the walked distance between the avoidance points at 1.0m may be due to a comfortable situation or to the powerful action of fronto-parallel dimension.

Key words: Distance – Collision - Obstacles

As pessoas quando observam um objeto fixo e

caminham na direção deste com intenções de evitar a colisão contra este objeto, podem produzir distâncias acuradas e precisas para evitar a colisão mesmo sem o uso contínuo da visão. No insucesso da produção da tarefa, podem ocorrer correções do curso ca-

¹ Artigo recebido para publicação em março de 2000; aceito em junho de 2000

² Endereço para correspondência: Nilton Ribeiro, Programa de Mestrado e Doutorado, Universidade Federal do Rio de Janeiro

minhado gerando algum acidente do tipo queda, tropeço ou escorregão. Estes tipos de acidentes têm sido relatados com frequência em programas de prevenção e segurança do trabalho, e em todas as faixas etárias (Nunes, 1996; STAF'98, 1998). De um modo geral, os acidentes são analisados a partir de aspectos biomecânicos, do ambiente ou relativo ao modelo de material de uso humano (Oborne, 1987; STAF'98, 1998).

As falhas humanas têm sido classificadas em três tipos de erros: decisão, ação e percepção (Iida, 1995). A contribuição da percepção às análises das falhas humanas, tem sido proposta em termos da modulação de fontes de informações visuais ou indícios visuais, estruturais (acomodação-convergência) ou os pictóricos (inclinação do ponto de vista, perspectiva), e de informações incorretas quando do ato de codificar e identificar o objeto ou um evento, como aqueles produzidos através de fatores da atenção e/ou da memória.

Em consideração a percepção, Da Silva (1999) mostrou que recentes estudos têm investigado uma analogia entre a percepção e a ação, tal como a possibilidade do controle da percepção visual sobre a ação. Este controle pressupõe mecanismos específicos à representação interna, que existem à parte das várias fontes de informações, que determinam o seu valor, e também à parte de qualquer ação, a qual controla. Um exemplo da relação percepção-ação pode ser considerado a partir da localização percebida. Esta, segundo Gogel (1990), é determinada por modulação de indícios visuais e de possíveis coações internas, possibilitando a coordenação de diferentes ações. Estudos experimentais produzidos por Loomis e seus colaboradores têm mostrado que uma vez que a localização percebida seja especificada, o observador pode dirigir-se àquela localização sem a necessidade de outros processamentos para atualizar a informação espacial durante a ação (Philbeck e Loomis, 1997). Desta maneira, pode-se considerar que a localização percebida é um invariante no controle da ação (Philbeck, Loomis e Beall, 1997).

Objetivo

O objetivo de nosso estudo experimental foi verificar se na tarefa do caminhar pelo procedimento do ciclo-aberto, isto é, caminhar com a visão obstruída a partir de uma visualização prévia da cena, para evi-

tar a colisão contra obstáculos fixos, as falhas, quando ocorrem, estão associadas aos indícios visuais relacionados à produção da tarefa ou ao ambiente no qual os atores/viajantes e situação ambiental/tarefa podem estar dirigindo a ação. Este resultado possibilitaria uma análise dos erros de percepção como modelo para uma explicação de falhas humanas no ato de locomoção para evitar colisão contra obstáculos fixos (Thomson, 1980).

Método

Ambiente Experimental

Sobre uma área plana e gramada, livre de objetos estranhos à tarefa, foram fixadas três distâncias egocêntricas, definidas pela extensão física entre o observador e o ponto de localização do obstáculo, cujos valores foram iguais a três, sete e 12 metros. Foram considerados dois pontos de desvio, o ponto de desvio de aproximação, definido por um ponto sobre a linha de visão do ator/viajante em relação ao obstáculo, e o ponto de desvio de afastamento, considerado a partir do obstáculo e sempre à esquerda deste, tendo seu alinhamento perpendicular a linha de visão do observador. Ambos os pontos de desvio tiveram suas extensões a mesma grandeza física em relação ao obstáculo, e valores iguais a 0,5 e um metro. Numa base de três metros, perpendicular a linha de visão do observador e sobre o seu ponto médio foi fixado o ponto de partida ou origem, e sobre cada extremidade desta base foram posicionadas trenas para a obtenção do registro das distâncias produzidas pelo indicativo de resposta do caminhar com a visão obstruída da localização percebida (Figura 1).

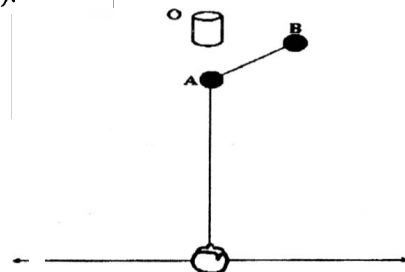


Figura 1: Uma representação gráfica da situação experimental, onde o observador indica a posição do ponto de partida ou origem, os pontos A e B a localização física dos pontos de desvio de aproximação e de afastamento, respectivamente. O desenho

de forma cilíndrica, e identificado através da letra **O** representa o obstáculo. A linha cheia indica o corredor para produção do comportamento do caminhar.

Equipamentos e estímulos

Obstáculo: estaca cilíndrica de madeira, amarela, 40cm de altura e 10cm de diâmetro. Pontos de desvio: bolas de isopor, cinco cm de diâmetro, todas pintadas na cor amarela. Para a redução de informação de ecolocalização usou-se um isolador biauricular, e para o isolamento da visão, máscaras binoculares. Trenas manuais foram usadas para obtenção e registros das localizações percebidas de cada ponto de desvio.

Participantes

Adultos: 21M / 11F, estudantes universitários, idade 18 e 25 anos, ($Md=22$ anos), remunerados ao fim do experimento, com acuidade visual mínima 20/20, com ou sem lentes corretoras, e não familiarizados com os procedimentos relacionados ao experimento.

Planejamento

Planejamento fatorial, quatro grupos experimentais (caminhar para cena completa, composta de obstáculo e pontos de desvio – **CCC** * imaginar os pontos de desvio, sendo apresentado somente o obstáculo – **IMG** * visualização prévia somente dos pontos de desvio – **SOB** * caminhar para cena completa com atraso de saída de 10 segundos – **ATS**) x três distâncias entre o observador e o obstáculo (3, 7 e 12m) x duas distâncias de desvio (0,5 e 1,0m) x quatro séries de caminhadas para os pontos de desvio, sendo considerada a localização física do obstáculo. As distâncias dos obstáculos e de desvio foram distribuídas de modo aleatório e intra-séries. Em cada grupo foram considerados oito participantes, e todos selecionados ao acaso.

Procedimento

A produção do caminhar para pontos pré-estabelecidos, foi realizada pelo comportamento do ciclo-aberto, onde o desempenho da tarefa se faz sem o uso da visão, caracterizando ausência de um retor-

no visual da produção da resposta após a visualização da cena ou objeto (Da Silva, 1999). Os observadores realizaram um treino para calibração das caminhadas (Rieser, Pick, Ashmead e Garing, 1995), sendo realizado sobre uma linha branca, cuja extensão foi igual a nove metros, em uma superfície plana, gramada, e afastado do campo experimental. Em seguida os observadores receberam instruções objetivas, e acompanhado de um mapa da cena correspondente ao seu grupo experimental. Após as instruções, posicionados sobre a origem, observaram a cena por um período não superior a três segundos, em ato contínuo obstruíram a visão de ambos os olhos, e iniciaram a produção da tarefa de caminhar em direção aos pontos de desvio, com objetivo de localizá-los através da batida do calcanhar. Ao localizarem o ponto de aproximação, imediatamente dirigiam-se para o ponto de afastamento, e sobre o qual permaneceram parados à espera do assistente. Um procedimento matemático de triangulação foi realizado para a obtenção das coordenadas cartesianas de cada ponto de desvio produzido na caminhada a partir dos extremos da linha de base e o uso das trenas. Uma variante deste procedimento foi utilizada por Fukusima, Loomis e Da Silva (1997), como uma medida indireta da distância absoluta caminhada.

Resultados

Análise das distâncias caminhadas entre a origem e o ponto de desvio de aproximação

A Figura 2 resume os valores médios das distâncias caminhadas nos quatro grupos experimentais. Observa-se em todos os grupos experimentais, um erro sistemático da distância caminhada, sendo menor no grupo CCC. Na distância de desvio de 0,5m, a acurácia da resposta caminhada é menor do que a observada na distância de 1,0m. Uma ANOVA fatorial 4 (grupos: CCC, IMG, SOB e ATS) x 3 (distâncias do obstáculo: 3, 7 e 12m) x 2 (distâncias de desvio: 0,5 e 1,0m) x 4 séries de caminhadas, sobre as distâncias caminhadas individuais, produziu diferenças significativas altamente confiáveis para os fatores grupo, $F(3,84)=6,208$, $p<0,01$, e distância do obstáculo, $F(2,84)=54,759$, $p<0,01$. O teste *a posteriori* Tukey HSD revelou diferenças significativas, para o fator grupo, entre os pares CCC e IMG, CCC e ATS, CCC e SOB, e para o fator distância do obstáculo, entre os pares 3 e 7m, 3 e 12m, 7 e 12m; todos altamente confiáveis ($p<0,01$).

Paidéia, FFCLRP-USP, Rib. Preto, dezembro/99.

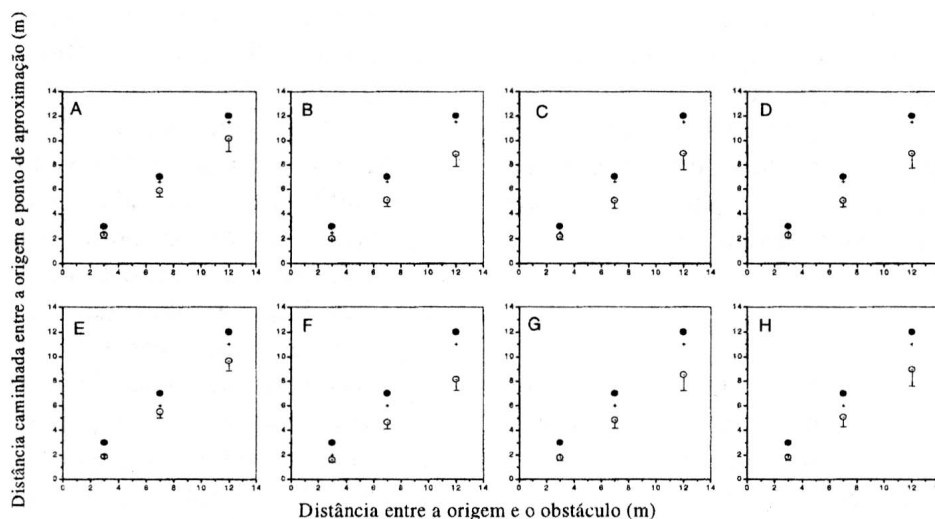


Figura 2: Representação da distância caminhada média e seu desvio padrão do curso entre a origem e o ponto de aproximação. Os círculos sólidos representam os obstáculos; as cruces, os pontos de desvio físico; os círculos vazados, os pontos de desvio caminhados. Os painéis A e E representam os resultados do grupo CCC; os painéis B e F, do grupo IMG; os painéis C e G, do grupo ATS; os painéis D e H, do grupo SOB. Os painéis superiores são relativos aos pontos de desvio a 0,5m, e os inferiores para a posição dos pontos de desvios a 1,0m. As barras verticais indicam o desvio-padrão, e são apresentadas em uma direção por motivos de diagramação.

Análise das distâncias caminhadas entre os pontos de desvio

A Figura 3 resume os valores médios das distâncias caminhadas nos quatro grupos experimentais. Pode-se observar, no grupo CCC, uma tendência à ausência de erro sistemático para ambas as distâncias de desvio, sendo que na distância de desvio de 1,0m, as respostas caminhadas mostram maiores tendências a acurácia. Nos demais grupos, uma pequena quantidade de erro foi observada, principalmente na maior distância do obstáculo. A ANOVA fatorial, similar à da análise anterior sobre as distâncias caminhadas, produziu diferenças significativas altamente confiáveis para os fatores grupo, $F(3,84)=11,395$, $p<0,01$; e distância de desvio, $F(2,84)=147,778$, $p<0,01$. O teste *a posteriori* de Tukey HSD, revelou diferenças significativas confiáveis, no fator grupo, para os pares, CCC e IMG, ATS e IMG, SOB e IMG.

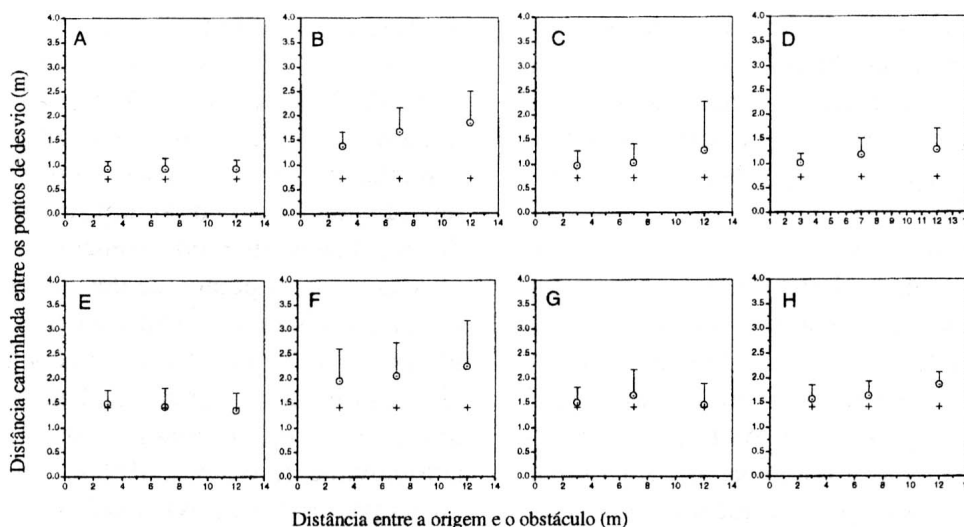


Figura 3: Representação da distância caminhada média e seu desvio padrão do curso entre o ponto de aproximação e o ponto de afastamento. As cruces indicam as distâncias físicas entre os pontos de desvio, e os Paidéia, FFCLRP-USP, Rib. Preto, dezembro/99.

círculos vazados as distâncias caminhadas entre os pontos de desvio. Os painéis **A** e **E** representam os resultados do grupo CCC, os painéis **B** e **F**, do grupo IMG, os painéis **C** e **G**, do grupo ATS, e os painéis **D** e **H**, do grupo SOB. Os painéis de superiores são relativos aos pontos de desvio a 0,5m, e os inferiores relacionados aos pontos de desvio a 1,0m.

Discussão

Em Ergonomia são relevantes os mecanismos e os componentes da locomoção para uma análise do ato de evitar colisões em relação aos sistemas perceptuais e da ação (Swanston e Gogel, 1986). Os programas de prevenção de acidentes relatam, como causas dos acidentes, escorregões, tropeços e quedas (Osborne, 1987; Iida, 1995; Nunes, 1996; STAF'98, 1998), e estes acidentes podem ser atribuídos a falhas de ações motoras, envolvidas no deslocamento entre pontos visualizados previamente, e que podem ser influenciados por variáveis relacionadas ao ambiente ou ao comportamento do observador (Iida, 1995).

A atribuição de uma relação ação-percepção pode ampliar os conhecimentos da maneira pela qual evitamos alguns tipos de acidentes/incidentes. Nossos achados mostraram que o caminhar, a partir do procedimento do ciclo-aberto, sob condição completa de fontes de informações (CCC), tende a acurácia. No entanto, quando a tarefa do observador é caminhar aos pontos de desvios previamente imaginados (IMG), ocorre um aumento sistemático da fonte de erro. O ato de imaginar locais para evitar choque contra obstáculos parece ser altamente influenciado por procedimentos associados às tendências do observador. Esta tendência pode ter como característica a produção de cálculos e correção da rota e localização dos pontos de desvio.

Os estudiosos dos processos perceptuais e motores têm apresentado algumas hipóteses para explicar os resultados contraditórios das ações e das percepções. Aqui destacamos duas hipóteses. A primeira supõe que a informação sobre os estímulos é processada pelo sistema visual. As fontes de informações são ponderadas e combinadas para formar uma representação perceptual, a localização percebida. A não acurácia das ações é interpretada a partir de conflitos que ocorrem nas transformações desta informação perceptiva para o controle motor, sendo

denominadas de correções cognitivas, e no caso a tendência da distância específica (Gogel e Da Silva, 1987) que produz a compressão da distância produzida entre a origem e o ponto de aproximação, e assina um erro sistemático com o aumento das distâncias caminhadas. A segunda hipótese supõe que ambos os indicadores são controlados pelo espaço visual, isto é, o processamento depende da tarefa (Loomis, Da Silva, Fujita e Fukusima, 1992, Loomis, Da Silva, Philbeck e Fukusima, 1996). Os indicadores, localização percebida, distância percebida, são dirigidos pela percepção, sendo apontada uma dissociação no sistema perceptual, com uma percepção específica para a localização e outra para os intervalos. A natureza da tarefa e as propriedades da cena concorreram para a acurácia no grupo caminhar para uma cena completa (CCC), na distância entre os pontos de desvio. A ausência de erro sistemático permite supor o processo da compensação dos movimentos oculares (Ribeiro, Souza e Da Silva, 1996). A forte expansão no grupo imaginar os pontos de desvio (IMG) indica a ação de processos cognitivos, como a tendência da equidistância (Gogel, 1974). As duas hipóteses permitem evidenciar dinâmicas envolvendo as propriedades métricas da percepção da configuração espacial e associada às tendências do observador. Essa concepção parece estar de acordo com a abordagem teórica sustentada por Loomis e Beall (1998) e Ribeiro e Da Silva (2000).

Nós supomos que a produção da distância pode ser explicada pela ação de alguma fonte de informação proveniente das relações espaciais da cena, além da ação de algum invariante tal como apresentado por Philbeck e Loomis (1997), Philbeck, Loomis e Beall (1997) e Ribeiro e Da Silva (2000). O ato de imaginar objetos em profundidade numa tarefa de caminhar para evitar colisão contra obstáculos, pode ter sido ponderado por algum sinal perceptual devido a uma quase linearidade encontrada para as caminhadas entre os pontos de desvio. Assim, as fontes de informações relacionadas à percepção de intervalos (paralaxe de movimento, movimentos vergenciais, elevação angular), e principalmente por processos de um proprioceptor relacionados à percepção do automovimento (Rieser, 1999), poderão ser importantes para o ato de evitar colisões. No entanto, as respostas do caminhar na situação de imaginar os pontos de desvio (IMG), diferiram em relação àque-

las obtidas para condição da visualização prévia da cena completa (CCC). Este achado permite avançar na hipótese da diferenciação entre os dois processos (Gogel e Da Silva, 1987), um primário ou perceptual e outro secundário ou cognitivo, e uma diferenciação entre os processos da percepção e o da ação como encontrado nos estudos apresentados por Loomis e colaboradores (1996, 1992). Os achados possibilitam iniciar estudos na direção da produção de subsídios para programas de prevenção de acidentes, onde se incorporam treinamentos da aprendizagem perceptual.

Referências Bibliográficas

- Da Silva, J.A. (1999). Elevação angular como um indício de distância egocêntrica. (Experimentos 1, 2 e 3). (Relatório técnico nº 1), 70 páginas. São Paulo: FFCL RP USP.
- Fukushima, S.S.; Loomis, J.M.; & Da Silva, J.A. (1997). Visual Perception of Egocentric Distance as Assessed by Triangulation. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 23, 86-100.
- Gogel, W.C. (1974). Cognitive factors in spatial responses. *Psychologia*, 17, 213-225.
- Gogel, W.C.; & Da Silva, J.A. (1987). A two-process theory of the response to size and distance. *Perception & Psychophysics*, 4(3), 220-238.
- Gogel, W.C. (1990). A theory of fundamental geometry and its applications. *Perception & Psychophysics*, 48(2), 105-123.
- Iida, I. (1995). *Ergonomia: Projeto e Produção* (3ª ed.). São Paulo: Edgard Blücher.
- Loomis, J.M. & Beall, A.C. (1998). Visually controlled locomotion: Its dependence on optic flow, three-dimensional space perception, and cognition. *Ecological Psychology*, 10, 271-285.
- Loomis, J.M.; Da Silva, J.A.; Philbeck, J.W. & Fukusims, S.S. (1996). Visual perception of location and distance. *Current Directions in Psychology Science*, 5, 72-77.
- Loomis, J.M.; Da Silva, J.A.; Fujita, N. & Fukushima, S.S. (1992). Visual space perception and visually directed action. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 18, 906- 921.
- Nunes, F.P. (1996). Programa educacional de prevenção de acidentes na infância. Em L. R. Nunes (org.). *Prevenção e Intervenção em Educação Especial*, vol. 1, 14. Rio de Janeiro: ANPEPP.
- Osborne, D.J. (1987). *Ergonomics at Work* (2ª ed.). New York: John Wiley.
- Philbeck, J.W. & Loomis, J.M. (1997). Comparisons of two indicators of perceived egocentric distance under full-cue and reduced-cue conditions. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 23, 71-85.
- Philbeck, J.W.; Loomis, J.M. & Beall, A.C. (1997). Visually perceived location is an invariant in the control of action. *Perception & Psychophysics*, 59, 601-612.
- Ribeiro, N.P. & Da Silva, J.A. (2000). *É a inclinação do ponto de vista um modulador de informações espaciais de distância egocêntrica?* Relatório CAPES.
- Ribeiro, N.P.; Souza, C.A.A.; & Da Silva, J.A. (1996). Processos perceptuais em julgamentos de distância exocêntrica no espaço tridimensional. *Arquivos Brasileiros de Psicologia*, 48, 3-27.
- Rieser, J.J. (1999). Dynamic spatial orientation and the coupling of representation and action. Em R.G. Golledge, *Wayfinding Behavior: cognitive mapping and other spatial processes*, Part II, pp. 168-190. Johns Hopkins: Baltimore.
- Rieser, J.J.; Pick, H.L.; Ashmead, D.H. & Garing, A.E. (1995). Calibration of human locomotion and models of perceptual-motor organization. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 21, 480-497.
- STAF'98 (1998). *An International Conference on Slipping, Tripping and Falling Accidents*. United Kingdom: University of Surrey.
- Swanston, M.T. & Gogel, W.C. (1986). Perceived size and motion in depth from optical expansion. *Perception & Psychophysics*, 39, 309-326.
- Thonson, J.A. (1980). How do we use visual information to control locomotion? *Trends in Neuroscience*, 3, 247-250.