

## Estabilização postural do olhar: Efeitos da distância do objeto

Sérgio T. Rodrigues<sup>1</sup>, Juliana G. Jardim<sup>1</sup>, Natália S. Siqueira<sup>1,2</sup>, Paula F. Polastri<sup>1</sup> & Stefane A. Aguiar<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Laboratório de Informação, Visão e Ação, Universidade Estadual Paulista, Bauru, SP, Brasil  
17033-360

<sup>2</sup> Laboratório Sistemas Motores Humanos, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil  
05508-030

### *Postural stabilization of looking: Effects of object distance*

**Abstract:** The aim of the present study was to analyze the effects of looking at targets located at different distances on body oscillation during tasks of distinct difficulties. In Experiment 1, ten participants in quiet stance fixated targets in three conditions: No object-far (fixation on far-target without near-target), Object-near (fixation on near target with far-target), and Object-far (fixation on far-target with near-target). Mean oscillations of trunk in anterior-posterior axis were smallest in the Object-near condition; the No object-far and Object-far conditions were similar. In Experiment 2, seven participants in kiba-dachi, a karate stance, were submitted to three conditions: Blindfolded, No object-far, and Object-near. Mean oscillations of head and trunk in anterior-posterior axis were smaller in the Object-near as compared to blindfolded condition; trunk oscillated more during No object-far than Object-near condition. The results support the notion that a simple posture is not automatically regulated by the optical flow, but different amounts of visual instability may be tolerated according to the fixation distance, regardless the presence of non-fixated objects; the control of a more difficult posture may also accommodate the effects of fixation distance.

**Key Words:** Postural control, Stabilization of looking, Visual information, Suprapostural task.

### **Introdução**

O sistema de controle postural busca um relacionamento coerente e estável entre ação motora e informação sensorial fornecida pelos sistemas visual, somatosensorial e vestibular (Horak & McPherson, 1996). Ficar em pé, parado, é uma tarefa cotidiana que usualmente ocorre concomitantemente a outras atividades, como olhar para objetos que chamem a atenção. O estudo do comportamento do olhar como tarefa suprapostural é interessante porque o movimento dos olhos não gera grandes efeitos biomecânicos exclusivos sobre a oscilação corporal, viabilizando uma variedade de manipulações experimentais (Ricció & Stoffregen, 1988).

Investigações sobre o controle postural foram alavancadas pelo “paradigma da sala móvel”. Lee e colaboradores utilizaram uma sala suspensa para manipular a informação visual do indivíduo que se localizava em seu interior (Lee & Aronson, 1974; Lee & Lishman, 1975; Lishman & Lee, 1973). Os movimentos para frente e para trás desta sala produziam nos participantes oscilações corporais correspondentes ao padrão de movimento da sala.

Lee e Lishman (1975) demonstraram uma forte relação entre a visão e a manutenção da posição em pé na ausência de um fluxo óptico imposto. Em um experimento, os participantes permaneceram em pé em uma grande área e tiveram a oscilação corporal espontânea (não perturbada) medida enquanto fixavam objetos posicionados a diferentes distâncias. Quando eles olhavam para uma parede distante, a amplitude da oscilação ântero-posterior (AP) era maior. Quando um objeto era colocado próximo a eles, a amplitude de oscilação diminuía. O comportamento observado é devido ao fato de que o movimento da cabeça em relação ao ambiente iluminado causa fluxo óptico; para um dado movimento da cabeça, a magnitude do fluxo óptico é uma função da distância linear entre cada elemento do ambiente visível no ponto de observação. Sendo assim, uma mudança óptica maior será produzida em relação aos objetos mais próximos. Com base nesta geometria, Lee e Lishman (1975) interpretaram os seus resultados em termos de um limiar de detecção, sendo que na condição mais próxima, a mudança visual que acompanha a oscilação corporal é mais pronunciada e, portanto, presumivelmente, mais detectável.

Stoffregen, Smart, Bardy e Pagulayan (1999) propuseram uma interpretação alternativa a do limiar de detecção. Os autores sugeriram que diferentes graus de estabilização visual são requeridos para uma fixação bem sucedida de objetos a diferentes distâncias. Assim, distintas quantidades de instabilidade visual podem ser toleradas dependendo do quão distante a pessoa está fixando seu olhar. Esta interpretação indica que a influência da distância na postura ocorre em função daquilo que a pessoa está olhando. Portanto, não há vantagem em minimizar a oscilação quando alguém está olhando para um objeto distante, independentemente da presença ou ausência de objetos ou superfícies próximos, não fixados (Stoffregen et al., 1999).

Para testar a hipótese de que o controle postural não ocorre de maneira automática e sim em função da meta da tarefa suprapostural, Stoffregen et al. (1999) organizaram um estudo adicionando uma condição experimental aos procedimentos propostos por Lee e Lishman (1975). Além da condição na qual apenas o alvo distante estava presente e os participantes deveriam fixá-lo (condição Sem objeto-longo), e da condição na qual ambos os alvos (próximo e distante) estavam presentes e a fixação deveria ocorrer no alvo próximo (condição Objeto-perto), houve uma terceira condição, na qual ambos os alvos estavam presentes, mas a fixação deveria ocorrer no alvo distante (condição Objeto-longo). Nesta terceira situação, a hipótese testada foi que a magnitude do fluxo óptico gerado pela oscilação não perturbada seria maior para o objeto próximo do que para a parede distante. Neste caso, se a visão estabiliza a postura (isto é, se o fluxo óptico é sempre usado para regular a oscilação), então a amplitude da oscilação corporal não deveria ser influenciada pelas variações em fixação. De outro modo, se a oscilação postural pode ser modulada para facilitar o olhar enquanto minimiza o gasto de energia, então seria esperado que o fluxo correspondente ao objeto próximo fosse “ignorado” pelo sistema, resultando em oscilação similar àquela que ocorre na ausência de objetos próximos (Stoffregen et al., 1999).

Os resultados do experimento 1 de Stoffregen et al. (1999) mostraram que não houve diferença significativa entre as condições Sem objeto-longo e Objeto-longo. Quando a tarefa foi a de fixar o alvo distante, a presença do alvo próximo não exerceu influência sobre o controle da postura. Este resultado não condiz com a explicação da hipótese do limiar (“threshold hypothesis”) (Lee & Lishman, 1975), que argumenta que a oscilação é controlada pela detectibilidade do fluxo óptico gerado pelo

próprio participante, com nenhuma influência de tarefa suprapostural do olhar. Stoffregen et al. (1999), com base em sua análise, fizeram a predição de que, na condição Objeto-longo, o alvo perto, sendo irrelevante à tarefa de fixar o alvo longo, não deveria ter nenhuma influência na amplitude da oscilação. Os dados obtidos confirmaram esta predição.

Mais recentemente, Mitra (2004) argumentou que o modelo que assume que a oscilação corporal é modulada automaticamente pelo fluxo óptico gerado (controle autônomo) e o modelo que assume a postura como sempre modulada para facilitar a realização da tarefa suprapostural (controle facilitatório) são modelos extremos, não suficientes para explicar todas as situações nas quais tarefas supraposturais são realizadas concomitantemente com a tarefa de controle postural. O autor defende que em situações nas quais a manutenção do equilíbrio se torna mais difícil (como quando o indivíduo tem que manter os pés unidos), as informações visuais disponíveis podem ser utilizadas para estabilizar a postura de modo automático, mas garantindo, sempre que possível, que a performance na tarefa suprapostural não seja comprometida. Nestas situações haveria um padrão híbrido, no qual tanto o controle facilitatório quanto o controle autônomo ocorreriam (Mitra, 2004).

Para testar sua hipótese, Mitra (2004) realizou um experimento com as mesmas condições de fixação utilizadas por Stoffregen et al. (1999). Os indivíduos mantiveram-se em pé, com os pés unidos, e realizaram a tarefa de fixação visual monocular em alvos localizados a distintas distâncias; o alvo distante encontrava-se a 3 m dos participantes e o alvo próximo foi colocado a três distâncias diferentes: 0,4 m, 0,8 m, e 1,2 m. Em relação à oscilação corporal no eixo AP, não foram encontradas diferenças significativas entre as condições de fixação nem entre as distâncias em que o alvo próximo foi colocado. Já no eixo médio-lateral (ML), a oscilação corporal foi reduzida à medida que o alvo próximo ficava mais perto dos participantes, independentemente de qual alvo estava sendo fixado. Na condição em que apenas o alvo distante estava presente, a oscilação no eixo ML foi maior do que nas outras duas condições, nas quais os participantes fixavam o alvo próximo ou fixavam o alvo distante com a presença do alvo próximo.

Mitra (2004) argumenta que, como a estabilização corporal foi dificultada no eixo ML (devido ao fato dos participantes estarem com os pés unidos), a postura foi ajustada automaticamente neste eixo pelas informações visuais disponíveis

(controle autônomo). Com relação ao eixo AP, o autor argumenta que não houve nem controle automático nem controle facilitatório, e que isso ocorreu porque os recursos disponíveis precisaram ser utilizados na estabilização postural do eixo ML. Com base nesses dados, Mitra (2004) propôs um novo modo de controle postural, o *modelo de compartilhamento adaptativo de recursos (adaptive resource-sharing model)*, que sugere que ao manipular as condições das tarefas postural e suprapostural, seria possível transformar o efeito de facilitação da tarefa suprapostural em um efeito de interferência entre as tarefas (Mitra & Fraizer, 2004).

O objetivo do presente estudo foi o de analisar os efeitos de uma tarefa suprapostural particular, a fixação do olhar, sobre a oscilação corporal no eixo AP através de tarefas posturais de distintas dificuldades, durante fixação a alvos localizados a diferentes distâncias do participante. O Experimento 1 testou os efeitos da presença e da distância do alvo visual sobre o controle de tarefa postural simples, investigando se o controle postural facilita a meta da tarefa suprapostural. As hipóteses foram: (i) oscilação corporal similar nas condições nas quais os alvos estavam distantes (Sem objeto-longe e Objeto-longe), independentemente da presença do alvo próximo que não estava sendo fixado; e (ii) diferença significativa na oscilação corporal entre a condição com alvo próximo (Objeto-perto) e as condições com alvo distante. O Experimento 2 testou os efeitos da visão e da distância do alvo visual sobre o controle de tarefa postural mais complexa, oriunda do karatê, investigando se a dificuldade da tarefa postural neutralizaria o efeito da distância ao alvo. As hipóteses foram: (iii) oscilação corporal reduzida nas condições com visão disponível, e (iv) oscilação postural similar nas condições com visão disponível, independentemente das distâncias do alvo visual.

## **Experimento 1**

### **Métodos**

#### *Participantes*

Participaram do experimento 10 voluntários do sexo feminino, universitários da Unesp - Campus de Bauru, com idade média de 21,8 anos (DP = 2,0), acuidade visual normal, sem qualquer histórico de tonturas, instabilidade ou quedas e sem conhecimento sobre os propósitos do estudo. A participação de todos esteve condicionada à autorização por escrito, através do formulário de consentimento informado, devidamente aprovado

pelo Comitê de Ética da Faculdade de Ciências da UNESP – Campus de Bauru.

#### *Equipamentos*

Uma câmera de vídeo (marca Sony, modelo DCR DVD 405, 60 Hz) foi utilizada para análise cinemática bidimensional. A câmera focalizou marcadores na cabeça e tronco das participantes. Os marcadores consistiam em esferas brancas de isopor, de aproximadamente 1,5 cm de raio. As imagens foram gravadas em formato digital (padrão DVD) e, subsequentemente, transferidas a um computador e processadas pelo software APAS (Ariel Dynamics Inc., 1998 - versão 1) para recorte das tentativas, reconstrução bidimensional e exportação das coordenadas espaciais dos marcadores articulares de interesse. O software utilizado para cálculo das variáveis e produção de gráficos foi o Matlab (The Mathworks Inc., 1998 - versão 5). O software SPSS (SPSS Inc., 1999 - versão 9) foi utilizado para as análises estatísticas necessárias. Para melhor contraste com os marcadores brancos, os participantes vestiram uma roupa preta, justa ao corpo.

#### *Procedimentos*

Cada participante foi trazido ao Laboratório de Informação, Visão e Ação (LIVIA – Departamento de Educação Física, Faculdade de Ciências, UNESP – Campus de Bauru) e, após explicação do experimentador sobre os objetivos e procedimentos do estudo, assinou o formulário de consentimento informado para dar início à coleta de dados. Inicialmente, foram afixados em cada participante dois marcadores do sistema de análise de movimento (um marcador entre as escápulas, na altura da oitava vértebra torácica e um marcador no topo da cabeça).

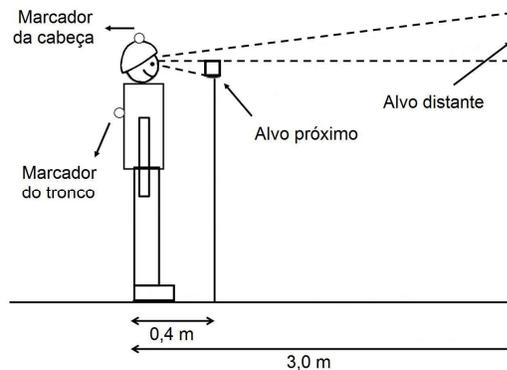
O método utilizado no presente estudo foi uma adaptação do experimento de Lee e Lishman (1975), conforme proposto por Stoffregen et al. (1999), em seu Experimento 1. Numa sala ampla, os participantes ficaram em pé, posicionados a 3 m da parede. O alvo próximo é um objeto montado sobre um tripé, colocado na altura dos olhos do participante, 40 cm a frente dos olhos, com um ângulo visual subentendido de 18,2° (vertical) por 11,6° (horizontal). O alvo distante é um retângulo de papel (cartolina branca) afixado na parede frontal da sala, com as dimensões de 107 cm (altura) por 67 cm (largura), demarcado com fita preta, representando o mesmo ângulo visual do alvo próximo. Pedacos irregulares de papel branco amassado foram colados dentro do retângulo para

dar ao alvo distante uma textura óptica mais complexa. Para cada participante, a altura do alvo próximo foi ajustada de modo que, a partir da perspectiva do participante, ficasse imediatamente abaixo do alvo distante. Isso possibilitou aos participantes mover os olhos de um alvo para outro com facilidade, sem movimento da cabeça, e com mínimas mudanças na elevação da linha do olhar.

**Tarefa.** Enquanto permaneceu em pé, por 70 s, tendo sua oscilação corporal gravada (cada tentativa foi composta dos 60 s finais dos dados gravados descartando os 10 s iniciais com o propósito de redução de variabilidade não representativa dos comportamentos investigados), cada participante executou a tarefa suprapostural de fixação a diferentes alvos, com visão binocular irrestrita. Os participantes fixaram alvos em três diferentes condições: nas condições Sem objeto-longo e Objeto-perto os participantes foram instruídos a fixar, respectivamente, o alvo distante e o alvo próximo. Na condição Objeto-longo, os participantes foram instruídos a ignorar o alvo próximo e fixar o alvo distante (Figura 1). Cada participante executou quatro tentativas em cada uma das três condições experimentais. A seqüência de tentativas foi escolhida para assegurar colocação consistente do alvo próximo. Todos os participantes iniciaram o experimento com duas tentativas na condição Sem objeto-longo; após estas duas primeiras tentativas, o alvo próximo foi colocado em sua marca e sua altura ajustada de modo que a borda superior estivesse alinhada com a borda inferior do alvo distante, sempre na altura da linha dos olhos de cada participante. Na seqüência, metade da amostra realizou quatro tentativas na condição Objeto-perto e, após, quatro tentativas na condição Objeto-longo, enquanto a outra metade da amostra realizou as quatro tentativas na condição Objeto-longo antes das tentativas na condição Objeto-perto. O alvo próximo foi então removido e realizaram-se as duas últimas tentativas do experimento, na condição Sem objeto-longo. O experimentador permaneceu presente durante todas as tentativas, checando se o participante se mantinha fixando o alvo requerido.

#### Análise dos dados

O experimento teve como variável dependente do controle postural a oscilação média das posições da cabeça e do tronco, obtidas através da computação do desvio padrão de cada posição no sentido AP, ao longo de cada tentativa. Adicionalmente, o desvio padrão da distância bidimensional entre as posições dos marcadores da cabeça e do tronco foi calculado e chamado de oscilação tronco-cabeça.



**Figura 1:** Representação gráfica da tarefa e dos alvos próximo e distante no Experimento 1.

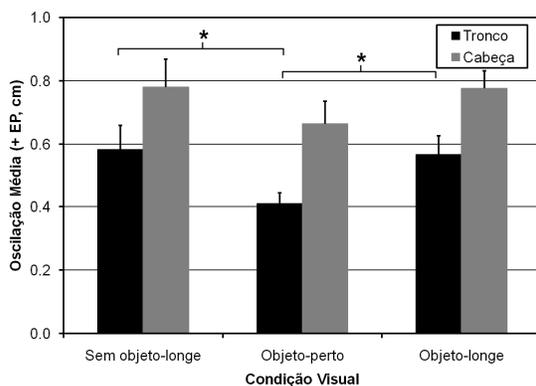
Quatro tentativas foram gravadas em cada condição experimental, totalizando 12 tentativas analisadas para cada participante. Inicialmente, cada uma das tentativas gravadas em formato digital (padrão DVD) foi transferida para o microcomputador e processadas pelo software APAS para recorte das tentativas, reconstrução bidimensional e exportação das coordenadas bidimensionais dos marcadores articulares de interesse. Desta forma, cada tentativa resultou em quatro colunas de dados referentes às coordenadas horizontais e verticais do deslocamento dos marcadores afixados na cabeça e no tronco das participantes; cada linha nestas colunas representa um instante no tempo (obtido de cada quadro de vídeo, 60 Hz). Os dados foram filtrados com filtro Butterworth de quarta ordem e frequência de corte de 3Hz, conforme análise residual sugerida por Winter (1990), e usados para calcular o desvio padrão das posições da cabeça e do tronco ao longo de cada tentativa, assim como o desvio padrão da distância bidimensional entre tronco e cabeça ao longo de cada tentativa.

Na análise estatística, as médias das tentativas de cada condição de cada variável dependente foram submetidas à análise de variância de medidas repetidas, tendo como fator Condição (Sem objeto-longo, Objeto-perto e Objeto-longo). Comparações aos pares (teste Least Significant Difference de Tukey) foram realizadas quando necessário, aplicando-se o ajuste de probabilidades de Bonferroni para múltiplas comparações. Nas análises nas quais os dados não se enquadraram ao pressuposto de esfericidade, ajustes de Greenhouse-Geisser foram utilizados. O nível de significância adotado foi de 0,05 para todas as análises.

#### Resultados

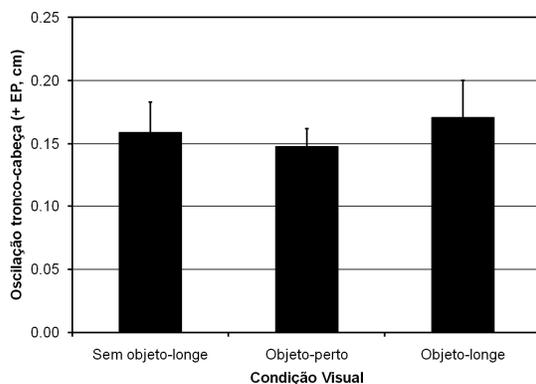
Com relação ao tronco (Figura 2), a oscilação média foi significativamente afetada pelas

Condições de fixação,  $F(1,6, 9,7) = 9,56, p = 0,006$ ,  $\eta^2$  parcial = 0,62. Comparações aos pares indicaram semelhança entre a condição Sem objeto-longo e a condição Objeto-longo; foram encontradas diferenças significativas entre as condições Sem objeto-longo e Objeto-perto,  $p=0,044$ , assim como entre as condições Objeto-perto e Objeto-longo,  $p = 0,040$ . Nas condições nas quais a fixação do olhar ocorreu no alvo distante, a oscilação corporal das participantes foi significativamente mais pronunciada do que quando a fixação ocorreu no alvo próximo, independentemente da presença ou ausência do alvo próximo. Com relação à cabeça (Figura 2), apesar da tendência semelhante aos dados do tronco, o efeito das Condições de fixação não alcançou significância,  $F(1,5, 9,1) = 2,21, p=0,169$ ,  $\eta^2$  parcial = 0,27.



**Figura 2:** Oscilação média das posições do tronco e da cabeça no eixo ântero-posterior nas três condições do Experimento 1. Barras verticais indicam o erro padrão.

A oscilação tronco-cabeça não foi afetada significativamente pelas Condições de fixação. A Figura 3 mostra a semelhança das médias desta variável nas três condições.



**Figura 3:** Oscilação entre tronco e cabeça nas três condições do Experimento 1. Barras verticais indicam o erro padrão.

## Experimento 2

### Métodos

#### Participantes

Sete karatecas, com idade média de 31 anos ( $DP=8,2$ ), experientes, com média de 19 anos de treinamento ( $DP=9,2$ ), da cidade de Bauru e região, participaram como voluntários do estudo. Os requerimentos éticos foram semelhantes aos do Experimento 1.

#### Equipamentos

Os equipamentos utilizados, o local de coleta, a recepção do participante no laboratório e a atuação do experimentador durante a coleta foram os mesmos adotados no Experimento 1. Inicialmente, cada karateca foi submetido a uma sessão de aquecimento de aproximadamente 10 minutos. A seguir, dois marcadores foram afixados: um marcador no topo da cabeça, preso em uma toca preta que os participantes vestiram, e um marcador na altura da primeira vértebra torácica.

**Tarefa.** Cada participante foi submetido a cinco repetições da tarefa de permanecer o mais estático possível durante 20 segundos, na posição kibadachi do karatê (Figura 4). Esta postura é lateralmente mais estável, sendo mais difícil controlá-la no eixo AP; nesta posição os pés estão voltados à frente, joelhos flexionados igualmente e alinhados verticalmente com a parte medial do hálux, enquanto pélvis, coluna vertebral e cabeça estão simetricamente alinhados a um eixo central, perpendicular ao solo. Os participantes foram submetidos a três condições visuais: Olhos vendados, fixando o olhar em um alvo que estava a 40 cm (Objeto-perto) e fixando o olhar em um alvo que estava a 3 m de distância (Sem objeto-longo). A ordem das condições foi contrabalanceada entre os participantes para minimizar possíveis efeitos de ordem. Os dados referentes aos 3 s iniciais de cada tentativa foram descartados para evitar ajustes posturais não representativos da tarefa.

#### Análise dos dados

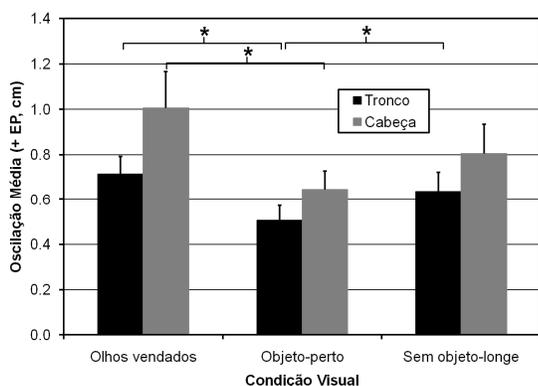
As variáveis dependentes foram as oscilações médias do tronco e cabeça; cada participante executou cinco tentativas em cada condição visual, totalizando 15 tentativas. Os demais detalhes do processamento dos dados e da análise estatística foram semelhantes ao Experimento 1.



**Figura 4:** Representação gráfica da postura kiba-dachi do karatê, utilizada no Experimento 2.

## Resultados

Com relação ao tronco (Figura 5), a oscilação média foi significativamente afetada pelas Condições Visuais,  $F(1,6, 9,5) = 20,26, p = 0,003, \eta^2$  parcial = 0,68. Comparações aos pares indicaram oscilação significativamente maior da condição Olhos vendados ( $p = 0,017$ ) e da condição Sem objeto-longe ( $p = 0,016$ ) em relação à condição Objeto-perto. Semelhantemente, a oscilação média da cabeça (Figura 5) foi significativamente afetada pelas Condições Visuais,  $F(1,7, 10,4) = 7,20, p = 0,013, \eta^2$  parcial=0,55. Comparações aos pares também indicaram oscilação significativamente maior da condição Olhos vendados em relação à condição Objeto-perto ( $p = 0,030$ ).



**Figura 5:** Oscilação média das posições do tronco e da cabeça no eixo ântero-posterior nas três condições do Experimento 2. Barras verticais indicam o erro padrão.

## Discussão

O objetivo deste estudo foi analisar os efeitos da fixação do olhar a alvos localizados a diferentes distâncias sobre a oscilação corporal durante tarefas posturais de distintas dificuldades. O

Experimento 1 investigou se uma postura simples, em pé e parada, poderia ser modulada para facilitar a estabilização visual (Stoffregen et al., 1999), ao invés de ser involuntariamente controlada pelo fluxo óptico detectado pelos participantes em cada uma das diferentes condições experimentais (Lee & Lishman, 1975). A hipótese foi a de que ocorreria oscilação corporal similar em ambas as condições de fixação do olhar no alvo distante (condições Sem objeto-longe e Objeto-longe) e que, nestas condições de fixação do olhar em alvo distante, ocorreria oscilação corporal maior do que quando os participantes fixassem o alvo próximo (condição Objeto-perto).

Os dados de estudos em postura quieta, quase-estática (*quiet stance*), que manipularam a informação visual disponível aos participantes (e.g. Lee & Aronson, 1974; Lishman & Lee, 1973), têm sido tradicionalmente interpretados como indicativos de que o controle da postura é sempre regulado pelo fluxo óptico de modo automático, e que este controle é independente de outros comportamentos. No entanto, Stoffregen, Hove, Schmit e Bardy (2006) mostraram que nem mesmo o fluxo óptico imposto pelo movimento de uma sala móvel é utilizado no controle da postura de maneira inteiramente automática ou involuntária; uma menor oscilação corporal pode ser alcançada se esta for uma meta intencional dos participantes, em comparação a quando os indivíduos são submetidos a estímulos de perturbação, mas não recebem instrução para tentarem minimizar a oscilação. Oullier, Bardy, Stoffregen e Bootsma (2002) já haviam demonstrado que o acoplamento da oscilação corporal com o fluxo óptico imposto pode ser influenciado de acordo com a participação volitiva dos indivíduos. Os autores encontraram que a correlação cruzada entre o movimento da cabeça dos participantes e o movimento da sala móvel foi significativamente maior quando os indivíduos buscaram acompanhar o movimento da sala (mantendo uma distância constante entre o alvo e suas cabeças) do que quando apenas realizaram uma tarefa visual.

Stoffregen, Bardy, Bonnet, Hove e Oullier (2007) argumentaram que: (1) o controle postural não é uma tarefa distinta da performance suprapostural, (2) o controle da postura não é primário em relação à performance suprapostural, e (3) as tarefas posturais e supraposturais não competem, de maneira automática, por recursos de processamento central. Assim, os autores indicaram que a postura pode ser modulada para facilitar a performance em algumas tarefas supraposturais. Diversos estudos prévios sustentaram a hipótese de controle facilitatório (e.g. Riley, Stoffregen, Grocki

& Turvey, 1999; Smart Jr., Mobley, Otten, Smith & Amin, 2004; Smart & Smith, 2001; Stoffregen et al., 1999, 2007; Stoffregen, Pagulayan, Bardy & Hettinger, 2000).

No Experimento 1, os resultados referentes à oscilação do tronco confirmaram os resultados previamente encontrados por Stoffregen et al (1999): a influência da distância na postura ocorreu em função daquilo que o indivíduo estava olhando, independentemente da presença ou ausência do alvo próximo, não-fixado. Houve maior oscilação corporal na condição Sem objeto-longe do que na condição Objeto-perto, e não houve diferença entre as condições Sem objeto-longe e Objeto-longe. Além disso, foi encontrada uma oscilação significativamente maior na condição Objeto-longe do que na condição Objeto-perto. Isso é indicativo de que, embora o fluxo óptico detectado pelos participantes fosse maior na presença do alvo próximo, esta informação foi irrelevante à tarefa de fixar o alvo distante na condição Objeto-longe e, portanto, ignorada. Estes resultados podem ser entendidos à luz da integração funcional entre o controle postural e a realização de tarefas supraposturais concomitantes, e contrariam a hipótese de controle postural autônomo com base no limiar de detecção do fluxo óptico (Lee & Lishman, 1975) porque, se fosse este o caso, os resultados indicariam oscilação corporal semelhante em ambas as condições nas quais o alvo próximo estava presente, e maior oscilação na presença apenas do alvo distante. É prudente reconhecer, no entanto, que o efeito da instrução para ignorar o objeto próximo durante a fixação ao objeto mais distante, usada por Stoffregen et al. (1999) e pelo presente experimento, poderia potencialmente confundir-se com o efeito da tarefa de fixação, aspecto que merece investigação específica.

Na análise estatística dos dados da cabeça, o efeito de Condição não alcançou significância (com probabilidade de 17%), aspecto possivelmente associado à maior variabilidade da posição da cabeça. Todavia, a tendência das médias de oscilação da cabeça foi similar ao efeito observado nos dados do tronco, o que é comparável aos resultados encontrados por Stoffregen et al. (1999) em seu Experimento 1. É possível que a localização anatômica escolhida para a colocação do marcador (no centro da cabeça, na união dos ossos parietais e occipital) não tenha sido a mais adequada para o método cinemático utilizado, gerando variabilidade aumentada nas oscilações da cabeça em relação às do tronco em todas as condições.

Uma explicação alternativa seria a de que movimentos da cabeça tenham sido gerados para

ajustar ou compensar sistematicamente movimentos do corpo todo (mensurados pela oscilação do tronco no presente experimento) de acordo com a condição experimental. No entanto, a distância entre os marcadores do tronco e da cabeça, medida pela variável oscilação tronco-cabeça (Figura 3), não foi significativamente afetada pela condição de fixação do olhar, indicando que ausência de diferenças significativas entre as condições não pode ser explicada por mecanismos posturais compensatórios de movimentos da cabeça. Em suma, os dados da oscilação média da cabeça foram também interpretados como confirmatórios da hipótese levantada, apesar das discrepâncias apontadas.

Os resultados obtidos no Experimento 1 demonstram que a postura é adaptativa e específica à tarefa, conforme sugerido por Stoffregen et al. (1999), ao invés de automática e visualmente controlada, como proposto por Lee e Lishman (1975). Estudo adicional realizado por Stoffregen et al. (2000) também evidenciou que variações nas restrições da tarefa (olhar para uma superfície em branco versus ler um texto) resultaram em modulação da oscilação corporal de modo específico à tarefa, com oscilação reduzida na tarefa de leitura em comparação à tarefa de simples inspeção visual. Tais resultados indicam que nem sempre as pessoas tentam minimizar a oscilação corporal, mesmo que haja informações ambientais disponíveis para tal. A amplitude de oscilação pode ser maior em algumas situações e menor em outras, de acordo com as necessidades da tarefa suprapostural.

Smart Jr. et al. (2004) também encontraram o mesmo padrão de oscilação corporal encontrados por Stoffregen et al. (1999). Adicionalmente, os autores mostraram que o tipo de coordenação postural empregada para a leitura de textos localizados em alvos colocados a distintas distâncias difere de acordo com as restrições da tarefa. Seus resultados evidenciaram que nas condições em que o participante visualizou o alvo distante (Sem objeto-longe, Objeto-longe), o padrão de coordenação quadril-tornozelo foi utilizado, mesmo com a variação das superfícies de apoio (mais ou menos estáveis). No entanto, quando os participantes focaram o alvo próximo (Objeto-perto), outro padrão de coordenação postural foi empregado. Na condição Objeto-perto, os participantes se utilizaram primariamente de ajustes posturais com base no movimento do tornozelo, devido à necessidade de menor oscilação corporal para a visualização do alvo próximo, uma vez que movimentos do quadril tendem a ser maiores, deslocando mais o centro de massa. Em

outras palavras, os participantes parecem ter lidado com a dificuldade em focar a alvo próximo enquanto se mantinham em pé sobre superfícies de apoio distintas através da adoção de uma estratégia segmentar rígida, na qual os movimentos de controle deveriam ser produzidos primariamente pelo tornozelo. Já nas condições de fixação no alvo distante, tanto o quadril quanto o tornozelo foram utilizados para os ajustes posturais, indicando a possível percepção de outros modos de ação que poderiam facilitar a visualização do alvo distante, mas não do alvo próximo. É possível que, no presente estudo, as mesmas estratégias de coordenação postural para a fixação de alvos a diferentes distâncias tenham sido empregadas. Este aspecto não foi investigado. O conhecimento do padrão de coordenação utilizado para a estabilização postural ao longo das diferentes condições talvez pudesse ajudar no entendimento dos resultados encontrados para a oscilação da cabeça no eixo AP.

O Experimento 2 utilizou uma postura oriunda do karatê para testar se adaptações similares às encontradas no Experimento 1 seriam mantidas em uma tarefa postural de maior complexidade. Particularmente, a visão e a distância do alvo visual foram manipuladas para compreender se a dificuldade da tarefa neutralizaria o efeito da distância ao alvo sobre o controle postural. O modelo de compartilhamento adaptativo de recursos (Mitra, 2004; Mitra & Fraizer, 2004) prevê que, nas situações em que as exigências da tarefa são mais complexas e tornam o controle postural mais difícil, as informações visuais podem ser utilizadas para estabilizar a postura de modo automático, mas garantindo, sempre que possível, que a performance na tarefa suprapostural não seja comprometida. O sistema de controle postural buscaria sempre um equilíbrio entre as exigências da tarefa e os recursos disponíveis para a obtenção da sua meta; com uma tarefa postural muito mais complexa no Experimento 2, a expectativa foi de comprometimento da tarefa suprapostural de fixação. Assim, as hipóteses foram que a oscilação corporal fosse reduzida nas condições com visão disponível, em relação à condição de olhos vendados, e que, dada a alta complexidade do kiba-dachi, a oscilação postural fosse similar nas condições com visão disponível, independentemente das distâncias do alvo visual.

Os resultados do Experimento 2 confirmaram parcialmente as expectativas estabelecidas. Com relação ao efeito da visão, os dados do tronco e da cabeça revelaram que, de olhos vendados, os participantes oscilaram significativamente mais do que quando fixaram o Objeto-perto, mas oscilaram

similarmente à condição Sem objeto-longo. Com relação ao efeito da distância até o alvo, as condições Sem objeto-longo e Objeto-perto foram similares apenas nas oscilações da cabeça; os dados do tronco mostraram maior oscilação durante condição Sem objeto-longo, quando comparados à condição Objeto-perto.

Estes resultados do Experimento 2 sugerem que a complexidade da tarefa postural não foi capaz de inibir completamente os efeitos da visão e da distância até o alvo. Pelo menos para os dados do tronco, controlar a postura kiba-dachi na direção AP, sem informação visual, foi tão difícil quanto controlá-la durante fixação à longa distância; por outro lado, uma fixação a um objeto próximo requereu oscilações significativamente menores. Há, no entanto, duas importantes limitações a serem consideradas na interpretação destes resultados: o delineamento deste experimento não permite uma comparação direta entre os modos de controle automático e facilitatório, como ocorre com o Experimento 1, porque não há a condição Objeto-longo introduzida por Stoffregen et al. (1999). Adicionalmente, não foram analisadas oscilações nos dois eixos (AP e ML) conforme proposto por Mitra (2004).

O Experimento 1 apresentou uma tarefa na qual a manutenção do equilíbrio é relativamente fácil, portanto, segundo a interpretação de Mitra (2004), o esperado seria que um padrão facilitatório ocorresse. Caso fosse adicionada ao Experimento 1 uma condição experimental que representasse uma dificuldade considerável para o controle postural do indivíduo, talvez pudesse ser observado um resultado condizente com a hipótese do limiar de detecção. Por outro lado, o Experimento 2 ofereceu uma tarefa complexa para o controle postural no eixo AP que não apenas confirmou a importância da disponibilidade da informação visual, mas também revelou, durante uma postura difícil, evidência favorável ao clássico efeito da distância do objeto sobre a oscilação corporal, apresentado originalmente por Lee e Lishman (1975).

Ao manipular o nível de exigência da tarefa e as metas da tarefa suprapostural, Mitra e Fraizer (2004) buscaram mostrar que o modelo de controle autônomo e o modelo de controle facilitatório são modelos extremos, não suficientes para explicar todas as situações nas quais o controle postural ocorre concomitantemente às tarefas supraposturais. Para uma melhor compreensão e obtenção de dados mais consistentes acerca do modelo de compartilhamento adaptativo de recursos (Mitra, 2004), futuros estudos poderiam manipular simultaneamente tanto as restrições da tarefa quanto as metas da tarefa suprapostural,

explorando a comparação entre a ênfase motora e a cognitiva nos dois casos. Há também a possibilidade de estudos de distintos comportamentos visuais (e.g. perseguição visual, movimentos sacádicos), assim como de tarefas supraposturais ainda mais complexas, em situações cotidianas e esportivas, ao longo de diferentes faixas etárias.

Em suma, os resultados do Experimento 1 foram suficientemente claros em confirmar os resultados encontrados por Stoffregen et al. (1999), demonstrando que o uso do fluxo óptico detectado para a minimização da oscilação corporal não foi obrigatório (i.e. involuntário). A informação óptica disponível modulou a oscilação em resposta às restrições impostas pela fixação do olhar a diferentes distâncias. Adicionalmente, o Experimento 2 mostrou que, em tarefas posturais complexas, a indisponibilidade da visão claramente perturba o controle da postura, e que as modulações posturais decorrentes da tarefa suprapostural de fixação a diferentes distâncias podem ser mantidas; ambos aspectos merecem detalhamento futuro.

### Referências

- Horak, F. B., & MacPherson, J. M. (1996). Postural orientation and equilibrium. In L. B. Rowell & J. T. Shepard (Eds.), *Handbook of physiology* (pp. 255-292), New York: Oxford University Press.
- Lee, D. N., & Aronson, E. (1974). Visual proprioceptive control of standing in human infants. *Perception and Psychophysics*, *15*(3), 529-532.
- Lee, D. N., & Lishman, J. R. (1975). Visual proprioceptive control of stance. *Journal of Human Movement Studies*, *1*, 87-95.
- Lishman, J.R., & Lee, D.N. (1973). The autonomy of visual kinaesthesia. *Posture*, *2*, 287-294.
- Mitra, S. (2004). Adaptive utilization of optical variables during postural and suprapostural dual-task performance: Comment on Stoffregen, Smart, Bardy, and Pagulayan. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *30*, 28-38.
- Mitra, S., & Fraizer, E. V. (2004). Effects of explicit sway-minimization on postural-suprapostural dual-task performance. *Human Movement Science*, *23*, 1-20.
- Oullier, O., Bardy, B. G., Stoffregen, T. A., & Bootsma, R. J. (2002). Postural coordination in looking and tracking tasks. *Human Movement Science*, *21*, 147-167.
- Riccio, G. E., & Stoffregen, T. A. (1988). Affordances as constraints on the control of stance. *Human Movement Science*, *7*, 265-300.
- Riley, M. A., Stoffregen, T. A., Grocki, M. J., & Turvey, M. T. (1999). Postural stabilization for the control of touching. *Human Movement Science*, *18*, 795-817.
- Smart Jr., L. J., Mobley, B. S., Otten, E. W., Smith, D. L., & Amin, M. R. (2004). Not just standing there: the use of postural coordination to aid visual tasks. *Human Movement Science*, *22*, 769-780.
- Smart, L. J., & Smith D. L. (2001). Postural dynamics: clinical and empirical implications. *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics*, *24*(5), 340-349.
- Stoffregen, T. A., Bardy, B. G., Bonnet, C. T., Hove, P., & Oullier, O. (2007). Postural sway and the frequency of horizontal eye movements. *Motor Control*, *11*, 86-102.
- Stoffregen, T. A., Hove, P., Schmit, J., & Bardy, B. G. (2006). Voluntary and involuntary postural responses to imposed optic flow. *Motor Control*, *10*, 24-33.
- Stoffregen, T. A., Pagulayan, R. J., Bardy, B. G., & Hettinger, L. J. (2000). Modulating postural control to facilitate visual performance. *Human Movement science*, *19*, 203-220.
- Stoffregen, T. A., Smart, L. J., Bardy, B. G., & Pagulayan, R. J. (1999). Postural stabilization of looking. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *25*(6), 1641-1658.
- Winter, D. A. (1990). *Biomechanics and motor control of human movement*. New York: John Willie & Sons.

### Agradecimentos

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pela concessão de bolsas à Juliana Gomes Jardim (Processo 2007/07186-1) e Natália Silva Siqueira (Processo 2006/05996-3).

### Endereço para correspondência:

Sérgio T. Rodrigues  
Laboratório de Informação, Visão e Ação (LIVIA)  
Depto de Educação Física, Faculdade de Ciências – UNESP  
Av. Eng. Luiz Edmundo Carrijo Coube, 14-01 – Bauru, SP, 17033-360.  
e-mail: [srodrigu@fc.unesp.br](mailto:srodrigu@fc.unesp.br)

Submetido: 16 de agosto de 2009.

Revisado: 08 de julho de 2010.

Aceito: 28 de julho de 2010.