

Influência de diferentes informações comportamentais na dinâmica intrínseca entre informação visual e oscilação corporal

Alaercio Perotti Júnior^{1,2}, José Angelo Barela^{3,4}, Paula Fávaro Polastri^{4,5} & Go Tani²

¹Centro Universitário Hermínio Ometto – UNIARARAS – Araras, SP, Brasil 13607-339

²Laboratório de Comportamento Motor – EEFÉ-USP – São Paulo, SP

³Laboratório para Estudos do Movimento – IB-UNESP – Rio Claro, SP

⁴Ciências Biológicas e da Saúde – UNICSUL – São Paulo, SP

⁵Depto. de Educação Física – Faculdade de Ciências – UNESP – Bauru, SP

Effects of different behavioral information in the intrinsic dynamics of visual information and body sway

Abstract: The purpose of this study was to examine the effects of information and instruction on the intrinsic dynamics of postural control functioning in children. Ten children (8 year-old) and 10 young adults stood upright inside of a moving room that remained stationary or was discretely moved. Fourteen trials were collected, with the first and the last one without any movement of the room. In the others, the room was moved and the participants were correct or wrongly informed about its movement. The participants were also instructed to not move, move together, or move in an opposite direction of the room. Body sway due to the movement of the room and time to reversal were used to examine the visual manipulation influence. Cross-correlation coefficients and time lags between the room's movement and body sway were calculated. The results revealed that visual manipulation induced body sway in both children and adults. Information about the room's movement and instruction to perform an action decreased the effect of visual manipulation on body sway, with instruction to perform an action being more efficient than information about the room's movement. Children use information and instruction to alter visual manipulation influence, however, not as well as adults do. Based upon these results, behavioral information might be used to partially change the intrinsic dynamics, with instruction to perform an action being more effective than information about the environmental context. Children are more susceptible to the intrinsic dynamics of the system than adults are.

Key Words: Intrinsic dynamics, behavioral information, development, information, postural control.

Introdução

O controle postural envolve um intrincado relacionamento entre informação sensorial e atividade muscular e parece que este relacionamento é alterado com base nas experiências que ocorrem ao longo do ciclo de desenvolvimento. Recentemente, tem sido sugerido que mudanças no desenvolvimento do controle postural decorrem de alterações no relacionamento entre informação sensorial e ação motora (e.g., Barela, Jeka, & Clark, 2003), entretanto, ainda há muito que se desvendar sobre o funcionamento do sistema de controle postural e as suas mudanças no processo de desenvolvimento.

O sistema de controle postural tem como objetivo principal garantir a manutenção do corpo e

segmentos em determinadas posições e para tanto requer que forças externas e internas sejam controladas (Duarte & Mochizuki, 2001). Horak e Macpherson (1996), por sua vez, sugeriram que o controle postural tem como objetivos comportamentais a orientação e o equilíbrio postural. A orientação postural é a capacidade de manter uma relação adequada entre os segmentos do corpo e entre o corpo e o ambiente, para uma determinada tarefa. O equilíbrio postural é a capacidade de manter o corpo balanceado e é alcançado quando todas as forças agindo neste corpo estão controladas, fazendo que o corpo permaneça em sua orientação e posição desejada ou que se mova de uma maneira controlada. Para alcançar estes objetivos, o sistema de controle postural deve utilizar informações sensoriais sobre

o posicionamento dos segmentos corporais e sobre as forças que estão atuando nestes segmentos, produzindo atividade muscular correspondente para manter e alcançar uma posição corporal desejada. Em muitos casos, este relacionamento entre informação sensorial e atividade muscular ocorre de forma contínua e pode ser caracterizado como uma mútua dependência entre percepção e ação (Barela, 2000).

Schöner (1991) sugeriu um modelo teórico para verificar a estabilidade do relacionamento entre informação sensorial e ação motora em situações nas quais a realização da tarefa exige ciclos repetitivos de percepção-ação, por exemplo, durante a manutenção da postura em pé (e.g., Barela, 2000). As bases teóricas para o modelo proposto por Schöner (1991) são provenientes dos conceitos de dinâmica intrínseca (Schöner & Kelso, 1988a) e informação comportamental (Schöner & Kelso, 1988b). Dinâmica intrínseca refere-se a padrões comportamentais que o sistema tem preferência em exibir e define a ocorrência de comportamentos estáveis que um dado sistema espontaneamente adota na ausência de exigências ambientais específicas (Zanone & Kelso, 1992). Informação comportamental, por outro lado, são restrições impostas ao funcionamento deste sistema de forma que a atuação do mesmo ocorra em regimes diferentes do preferido. Na manutenção da postura ereta, por exemplo, a frequência preferida de oscilação corporal é ao redor de 0,2 Hz (Soames & Atha, 1982), que reflete a dinâmica intrínseca de funcionamento do sistema de controle postural. Entretanto, adultos e crianças podem oscilar em frequências diferentes de 0,2 Hz, quando ocorre manipulação de informação sensorial (Barela, Freitas Júnior, Godoi, & Polastri, 2001; Barela, Jeka, & Clark, 2003). Nesse caso, a manipulação da informação sensorial constitui uma fonte de informação comportamental que altera a dinâmica intrínseca de funcionamento do sistema de controle postural. Da mesma forma, uma solicitação para que a pessoa evite a influência da manipulação sensorial também pode constituir uma informação comportamental, pois pode alterar o relacionamento entre informação sensorial e ação motora desencadeado espontaneamente.

Conforme mencionado, uma forma de examinar o acoplamento entre percepção-ação é manipular o fornecimento de informação sensorial e verificar as ações motoras por ela desencadeadas (Schöner, 1991). Uma estratégia experimental, denominada de paradigma da sala móvel, envolvendo a manipulação da informação visual, foi proposta por Lee e colaboradores há mais de três décadas (Lee & Aronson, 1974; Lee & Lishman, 1975; Lishman &

Lee, 1973). Os participantes mantinham a postura ereta no interior de uma sala em que as paredes laterais e do teto podiam ser movimentadas para frente e para trás, independentemente do piso onde eles eram posicionados. A movimentação das paredes da sala provocava alteração no fluxo óptico e oscilações corporais eram desencadeadas na mesma direção do movimento da sala.

Desde os estudos pioneiros de Lee e colaboradores (Lee & Aronson, 1974; Lee & Lishman, 1975; Lishman & Lee, 1973), o paradigma da sala móvel tem sido extensivamente utilizado para verificar diversos aspectos do uso da informação visual no controle postural de bebês e crianças (e.g., Bertenthal & Bai, 1989; Bertenthal, Rose, & Bai, 1997; Butterworth & Hicks, 1977; Delorme, Frigon, & Grothe, 1995; Higgins, Campos, & Kermoian, 1996). De forma geral, esses estudos mostraram que mesmo bebês são susceptíveis à manipulação da informação visual, tanto com movimentos discretos quanto com movimentos contínuos da sala móvel e que mudanças de desenvolvimento associadas às experiências motoras propiciam a ocorrência de respostas mais coerentes e estáveis quando ocorre manipulação da informação visual.

Diversos estudos têm utilizado o mesmo paradigma para examinar mais detalhadamente o relacionamento entre informação visual e ação motora em bebês e crianças (Barela, Godoi, Freitas Júnior, & Polastri, 2000; Schmuckler, 1997) e obter possíveis explicações para as mudanças que ocorrem no controle postural. Schmuckler (1997) observou que crianças mesmo de três anos de idade conseguiam acoplar suas oscilações corporais às diferentes frequências de oscilação da sala móvel, como conseqüência do fluxo óptico. Resultados semelhantes foram observados por Barela, Jeka e Clark (2003), utilizando uma versão da sala móvel para a manipulação da informação somatosensorial. Entretanto, esses autores observaram que mesmo crianças de oito anos de idade ainda apresentavam um acoplamento entre informação sensorial e ação motora mais instável e variado do que o observado em adultos. Com base nesses resultados, foi sugerido que diferenças no funcionamento do sistema de controle postural seriam decorrentes de dificuldades que crianças teriam em estimar a dinâmica corporal (posição e velocidade de deslocamento do corpo) e em enviar comandos precisos para a ativação da musculatura responsável pela manutenção da posição corporal desejada (Barela, Jeka, & Clark, 2003).

Com base nestes resultados, pode-se inferir que crianças têm a dinâmica intrínseca de funcionamento do sistema de controle postural

alterada por alguma manipulação de informação sensorial. Mais ainda, parece que mudanças desenvolvimentais são decorrentes de como elas utilizam informação sensorial para produzir ativação muscular apropriada e assim manter o corpo em uma dada orientação postural. Finalmente, o funcionamento do sistema de controle postural de crianças é influenciado por informação comportamental disponível, entretanto, não de forma tão estável como observada em adultos. Isso posto, surge uma importante pergunta: será que informação sobre o contexto e instrução em realizar uma dada tarefa poderiam ser utilizadas por crianças para alterar o relacionamento entre informação sensorial e oscilação corporal?

A utilização de informação apresentada sobre o contexto ou a solicitação para realizar uma ação simula situações vivenciadas durante o processo de aprendizagem ou de execução de uma tarefa motora em que o aprendiz inicia a realização de uma determinada tarefa tendo como ponto de partida certa dinâmica intrínseca de funcionamento do sistema percepto-motor e o professor/instrutor tem o papel de ser uma fonte de informação comportamental que, com suas instruções, procura alterar a execução daquela tarefa motora (Barela & Barela, 2001; Schöner, Zanone, & Kelso, 1992; Zanone & Kelso, 1992) Nesse quadro, cabe perguntar se a dinâmica intrínseca de funcionamento do sistema pode ser alterada pela instrução verbal fornecida às crianças por um agente externo? Schöner, Dijkstra e Jeka (1998) sugeriram que o sistema de controle postural pode diminuir o acoplamento entre informação sensorial e ação motora, alterar a dinâmica intrínseca, com base em informação sobre o contexto ambiental. Essa sugestão foi testada com adultos, quando informação sobre o movimento da sala móvel foi fornecida aos participantes (Freitas Júnior & Barela, 2004) e quando eles foram solicitados a resistir à influência da manipulação da sala móvel (Stoffregen, Hove, Schmit, & Bardy, 2006). Mais ainda, é pertinente indagar se para crianças, no caso em que elas obtêm informação comportamental para alterar a dinâmica intrínseca do sistema, diferentes tipos de instrução – sobre a situação ou uma determinada ação - têm efeitos diferentes na dinâmica intrínseca de funcionamento do sistema. Assim, esse estudo teve como objetivo examinar os efeitos da informação e da instrução na dinâmica intrínseca de funcionamento do sistema de controle postural em crianças. Neste caso, o acoplamento entre informação visual e oscilação corporal na situação da sala móvel será considerado como dinâmica intrínseca, pois reflete o funcionamento do sistema que adota oscilar juntamente com a sala

sem qualquer solicitação específica para realizar tal comportamento. A informação fornecida sobre o movimento da sala e as ações solicitadas aos participantes para não oscilar, oscilar junto e oscilar em sentido oposto, serão consideradas informação comportamental, pois constituem exigências para alterar, tanto no sentido de facilitar ou dificultar, o acoplamento entre informação visual e oscilação corporal durante a manutenção da posição ereta na sala móvel.

Método

Participantes

Participaram desse estudo dez crianças de 8 anos de idade ($M = 95,5$ meses, $DP = 4,8$) e dez adultos jovens ($M = 278,0$ meses, $DP = 46,3$) de ambos os gêneros. Estes participantes foram recrutados na comunidade de Rio Claro e Limeira, mais especificamente em escolas públicas, centros comunitários, familiares e alunos de graduação do Instituto de Biociências, UNESP, Campus de Rio Claro. Todos os participantes possuíam visão normal e não apresentavam nenhum comprometimento motor que pudesse afetar a manutenção da postura ereta. Os voluntários adultos assinaram um termo de concordância para participar do estudo, aprovado pelo Comitê de Ética da Escola de Educação Física e Esporte da Universidade de São Paulo – SP. No caso das crianças, o termo de concordância foi assinado por um dos pais ou responsável.

Procedimentos

O experimento foi realizado no Laboratório para Estudos do Movimento (LEM), do Departamento de Educação Física, IB, UNESP – Rio Claro e o Laboratório de Comportamento Motor (LACOM) da Escola de Educação Física e Esporte USP – São Paulo. Os participantes fizeram uma visita ao LEM, quando os objetivos e procedimentos foram explicados e, caso concordassem em participar do estudo, o termo de consentimento foi assinado.

A tarefa experimental foi permanecer dentro de uma sala móvel na postura ereta estática, descalços, mantendo os pés paralelos distantes aproximadamente 3 cm entre eles, com os braços ao lado do corpo, olhando para um alvo fixado na parede do fundo da sala e na altura de seus olhos. A sala é constituída de três paredes e um teto com 2,1 x 2,1 x 2,1 metros (altura, largura e comprimento). Estas paredes são de cor branca com faixas pretas verticais em toda a sua extensão, com o objetivo de aumentar o contraste visual. A estrutura que

sustenta a parede e o teto tem, na parte inferior, rodas posicionadas sobre trilhos. Esta constituição possibilita o movimento das paredes da sala, independente do piso no qual o participante está posicionado, que permanece fixo. A Figura 1 apresenta uma foto da vista frontal da sala móvel.



Figura 1: Foto da vista frontal da sala móvel utilizada no experimento

Os movimentos da sala foram produzidos e controlados por um sistema de servo-motor, comandado por programas computacionais específicos (Motion Architect for Windows – Compumotor – APEX6151), que enviam sinais quanto à amplitude, velocidade e aceleração do movimento a ser executado. Os movimentos desta sala foram realizados para frente e para trás o que correspondeu aos movimentos da parede frontal de se aproximar ou de se afastar do participante, respectivamente. Sendo assim, estes movimentos

foram realizados na direção ântero-posterior em relação ao posicionamento do participante.

Foram realizadas 14 tentativas de 30 segundos de duração, sendo duas - a primeira e a última - sem movimento da sala e doze com movimento discreto da sala. Nas tentativas com movimento discreto, a sala permaneceu parada durante os primeiros 14 segundos, foi movimentada em seguida durante 2 segundos, e permaneceu sem movimento nos demais 14 segundos. A sala foi movimentada seis tentativas afastando-se do participante e seis tentativas aproximando-se do participante. O movimento discreto da sala teve amplitude de 2,6 cm e velocidade de 1,3 cm/s.

Os participantes foram informados, a partir da segunda tentativa, de que a sala iria ser movimentada de forma discreta, aproximando ou afastando do participante. Em cada situação da movimentação da sala, foi fornecida antecipadamente a informação sobre o sentido dessa movimentação, sendo seis tentativas com informação correta e seis tentativas com informação falsa. Com relação à ação do participante, foi solicitado que realizasse uma das seguintes ações: a) oscilar juntamente com a sala, para frente ou para trás; b) oscilar em sentido oposto ao movimento da sala, para frente ou para trás; c) não oscilar, mantendo uma posição ereta mais estática possível, evitando oscilar durante a tentativa. O Quadro 1 apresenta as condições de movimento da sala, a informação fornecida e a ação solicitada aos participantes nas 12 tentativas.

Quadro 1. Movimentação da sala, informação fornecida sobre o movimento da sala e ação solicitada aos participantes nas tentativas realizadas.

Movimento da Sala	Informação sobre movimento da sala	Ação solicitada
Sem Movimento	Nenhuma	Não Oscile – Permaneça estático
Aproximando	Correta	Oscile no mesmo sentido que a sala
Aproximando	Correta	Oscile em sentido oposto a sala
Aproximando	Correta	Não Oscile – permaneça estático
Aproximando	Falsa	Oscile no mesmo sentido que a sala
Aproximando	Falsa	Oscile em sentido oposto a sala
Aproximando	Falsa	Não Oscile – permaneça estático
Afastando	Correta	Oscile no mesmo sentido que a sala
Afastando	Correta	Oscile em sentido oposto a sala
Afastando	Correta	Não Oscile – permaneça estático
Afastando	Falsa	Oscile no mesmo sentido que a sala
Afastando	Falsa	Oscile em sentido oposto a sala
Afastando	Falsa	Não Oscile – permaneça estático
Sem Movimento	Nenhuma	Não Oscile – Permaneça estático

A ordem das tentativas com movimento, apresentadas no Quadro 1, foi definida de forma aleatória para evitar dedução sobre a condição experimental. Apenas a ocorrência das tentativas sem movimento da sala foi pré-definida, sendo a primeira e a última tentativa. Além disso, entre as tentativas, os participantes foram questionados se estava tudo bem, se perceberam o movimento da sala e, finalmente, se conseguiram realizar a ação solicitada. Estas informações não foram organizadas de forma sistematizada e, portanto, não foram utilizadas nas análises posteriores.

Para obter informação sobre os movimentos da sala móvel e da oscilação corporal dos participantes foi utilizado um sistema de análise tridimensional de movimento optoeletrônico (OPTOTRAK 3020 – Northern Digital Inc.). Esse sistema é constituído de uma unidade de controle, uma unidade de sensores e emissores infravermelhos. Um emissor infravermelho foi afixado na parede frontal da sala e outro nas costas do participante (8ª vértebra torácica, entre as escápulas). Esses emissores, em conjunto com a unidade de controle e os sensores, forneceram informação sobre a oscilação da sala e do participante nas direções ântero-posterior, médio-lateral e vertical. A frequência de aquisição desses sinais foi de 100 Hz.

Tratamento dos dados

O tratamento dos dados e o cálculo das variáveis foram realizados utilizando rotinas escritas em MATLAB (Math Works, versão 7.0). Os dados da oscilação corporal foram filtrados, filtro digital Butterworth passa baixa, segunda ordem, e frequência de corte de 5 Hz. Os dados da posição da sala também foram filtrados, filtro digital Butterworth passa baixa, segunda ordem, e frequência de corte de 10 Hz. Tendo em vista que os movimentos da sala foram realizados na direção ântero-posterior, todas as análises foram realizadas nos dados referentes à esta direção.

As variáveis dependentes foram divididas em dois grupos. O primeiro grupo incluiu as variáveis: deslocamento corporal e tempo de reversão. A variável deslocamento corporal foi utilizada para verificar a magnitude do efeito da informação visual proveniente da movimentação da sala, da informação fornecida e da ação solicitada, no deslocamento corporal dos participantes. Essa variável foi calculada obtendo a diferença entre a posição corporal no momento do início do movimento da sala e a posição corporal máxima decorrente da influência do movimento da sala, quando ocorria reversão de oscilação corporal. O

tempo de reversão correspondeu ao intervalo entre o início do movimento da sala e o momento de reversão da oscilação corporal. O segundo grupo incluiu as variáveis: coeficiente e diferença temporal que foram obtidas a partir da análise de correlação cruzada entre oscilação corporal e a posição da sala, possibilitando avaliar o relacionamento espacial e temporal entre o movimento da sala e a oscilação corporal.

Análise estatística

Duas análises de multivariância (MANOVAs) 2x2x2x3, tendo como fatores os grupos (GC1 e GA1), o movimento da sala (para frente e para trás), as informações fornecidas (correta e falsa) e a ação solicitada (não oscilar, oscilar junto com a sala e oscilar sentido oposto a sala) foram utilizadas. A primeira MANOVA teve como variáveis dependentes o deslocamento corporal dos participantes durante o movimento da sala e o tempo de reversão desse deslocamento. A segunda MANOVA teve como variáveis dependentes o coeficiente e a diferença temporal da análise de correlação cruzada entre a posição da sala e o deslocamento corporal do participante induzido pelo movimento da sala.

Quando necessário, análises univariadas e testes “post hoc” de Tukey foram utilizados. Todas as análises estatísticas foram realizadas utilizando o programa SPSS (SPSS para Windows – versão 6.1) e o valor de alfa foi mantido em 0,05.

Resultados

Os resultados mostraram que o movimento discreto da sala, tanto para frente quanto para trás, induziu oscilação corporal correspondente dos participantes independente do tipo de informação verbal (correta ou falsa), fornecida sobre a movimentação da sala e da ação solicitada de não oscilar. A Figura 2 apresenta exemplos de séries temporais da oscilação corporal e da sala em tentativas de uma criança e de um adulto jovem com o movimento da sala aproximando e com informação verbal correta e falsa na ação solicitada de não oscilar.

É possível perceber claramente que, antes da alteração da informação visual, provocada pelo movimento da sala, os participantes oscilavam para frente e para trás, indicando um comportamento característico da manutenção da postura ereta. Entretanto, assim que ocorre o movimento da sala, oscilação corporal, independente do tipo de informação fornecida, correta ou falsa, foi desencadeada tanto na criança, quanto no adulto

jovem. Após o término do movimento da sala, os participantes procuram voltar à posição corporal que apresentavam antes do movimento da mesma.

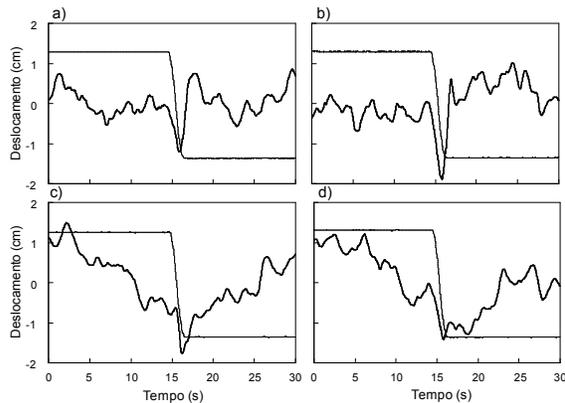


Figura 2. Exemplos de séries temporais mostrando o efeito da manipulação visual na oscilação corporal, na ação solicitada de não oscilar, de uma criança de 8 anos (a) com o fornecimento de informação correta, (b) com o fornecimento de informação falsa e de um adulto jovem (c) com o fornecimento de informação correta, (d) com o fornecimento de informação falsa. NOTA: A linha mais espessa corresponde à oscilação corporal dos participantes e a linha menos espessa, ao movimento da sala.

Deslocamento corporal e tempo de reversão

A Figura 3 apresenta o deslocamento corporal dos participantes no momento em que a sala foi movimentada na situação aproximando e afastando, com informação correta e falsa, nas condições solicitadas de não oscilar, oscilar junto e oscilar no sentido oposto. MANOVA indicou diferença significativa para os fatores Grupo, Wilks' Lambda=0,444, $F(1,18)=10,656$, $p<0,005$, Informação, Wilks' Lambda=0,621, $F(1,18)=5,184$, $p<0,05$, Ação, Wilks' Lambda=0,310, $F(1,18)=13,932$, $p<0,001$, e interação Ação e Grupo, Wilks' Lambda=0,413, $F(1,18)=5,329$, $p<0,05$.

Análises univariadas indicaram diferenças significativas para o deslocamento para os fatores Grupo, $F(1,18)=20,648$, $p<0,001$, Ação, $F(1,18)=34,712$, $p<0,001$ e interação Ação e Grupo, $F(1,18)=9,741$, $p<0,001$. Com relação às diferenças entre os grupos, as crianças apresentaram um menor deslocamento corporal do que os adultos jovens. Testes post hoc indicaram que tanto as crianças quanto os adultos jovens oscilaram mais quando foram solicitados a oscilar junto ou em sentido oposto ao movimento da sala comparado com a situação de não oscilarem. Finalmente, testes

post hoc indicaram que os adultos jovens oscilaram mais que as crianças quando foram instruídos a oscilar junto ou em sentido oposto ao movimento da sala.

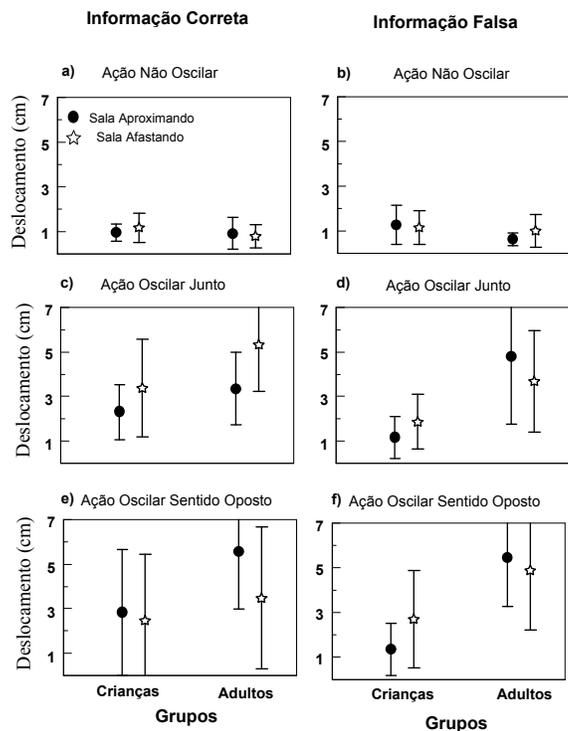


Figura 3. Média e desvio-padrão do deslocamento corporal na direção ântero-posterior de crianças e adultos jovens na movimentação discreta da sala aproximando e afastando, com o fornecimento de informação correta (a, c, e) e falsa (b, d, f) durante a manutenção da postura ereta na ação de não oscilar, oscilar junto e oscilar em sentido oposto.

Análises univariadas também indicaram diferenças significativas para o tempo de reversão para os fatores Grupo, $F(1,18)=6,311$, $p<0,05$, Informação, $F(1,18)=5,083$, $p<0,05$, Ação, $F(1,18)=12,141$, $p<0,001$, e interação Ação e Grupo, $F(1,18)=4,046$, $p<0,05$. A Figura 4 apresenta o tempo de reversão do deslocamento corporal de crianças e adultos jovens, com informação correta e falsa, nas condições de não oscilar, oscilar junto e oscilar em sentido oposto.

Com relação ao tempo de reversão, as crianças apresentaram um menor tempo de reversão do que os adultos jovens. Informação falsa provocou um tempo de reversão maior do que informação correta sobre o movimento da sala. Testes post hoc indicaram que tanto as crianças quanto os adultos jovens tiveram um tempo de reversão maior quando foram solicitados a oscilar junto ou em sentido oposto ao movimento da sala comparado com a

situação de não oscilarem. Finalmente, testes post hoc também indicaram que os adultos jovens tiveram um tempo de reversão maior que as crianças quando foram instruídos a oscilar junto ou em sentido oposto ao movimento da sala.

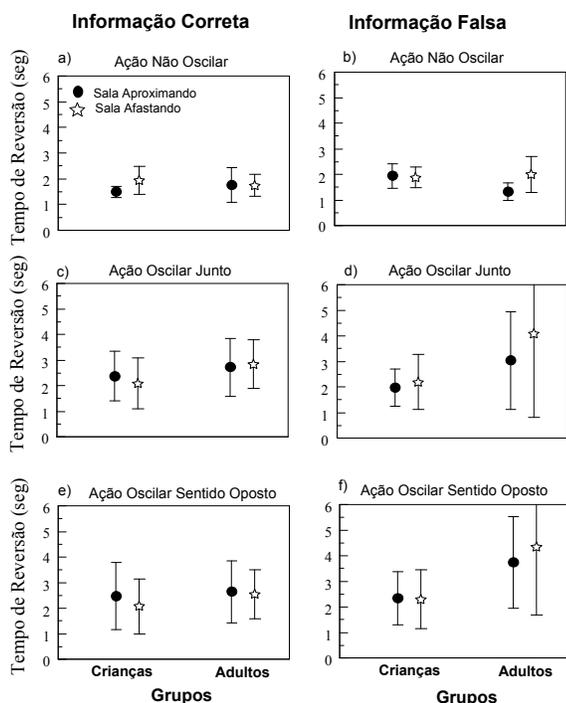


Figura 4. Média e desvio-padrão do tempo de reversão do deslocamento corporal de crianças e adultos jovens na movimentação discreta da sala aproximando e afastando, com o fornecimento de informação correta (a, c, e) e falsa (b, d, f) durante a manutenção da postura ereta na ação de não oscilar, oscilar junto e oscilar em sentido oposto.

Relacionamento entre o movimento da sala e a oscilação corporal

A Figura 5 apresenta os coeficientes da análise de correlação cruzada entre oscilação corporal e o movimento da sala. MANOVA revelou diferença significativa para as interações Movimento e Ação, Wilks' Lambda=0,292, $F(1,18)=9,101$, $p<0,05$, e Movimento, Ação e Grupo, Wilks' Lambda=0,422, $F(1,18)=5,129$, $p<0,05$. Análises univariadas indicaram diferenças significativas para o coeficiente de correlação apenas para as interações Movimento e Ação, $F(1,18)=10,864$, $p<0,001$, Grupo, Movimento e Ação, $F(1,18)=4,734$, $p<0,015$. Nenhuma diferença significativa foi observada para a variável diferença temporal, sendo que os valores para a diferença corporal estiveram ao redor de zero, indicando que a oscilação corporal ocorreu junto com o deslocamento da sala.

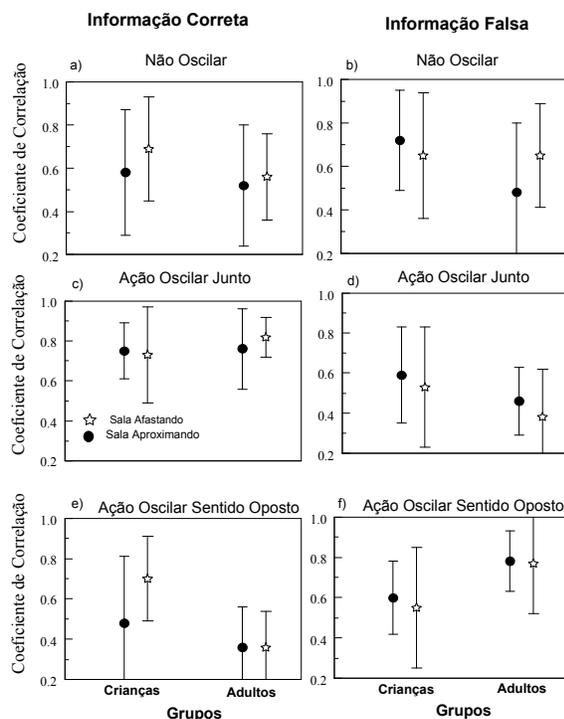


Figura 5. Coeficiente de correlação entre a movimentação da sala e a oscilação corporal do grupo de crianças e do grupo de adultos jovens na movimentação discreta da sala aproximando e afastando, com o fornecimento de informação correta (a,c,e) e falsa (b,d, f) durante a manutenção da postura ereta na ação de não oscilar, oscilar junto e oscilar em sentido oposto.

Testes post hoc referentes a interação Grupo, Ação e Movimento indicaram que o deslocamento corporal das crianças foi mais relacionado com o movimento da sala do que o deslocamento corporal dos adultos quando a ação era para não oscilar. Quando a instrução foi para oscilar junto com a sala, as crianças oscilaram junto com a sala, mesmo que a informação sobre o movimento da sala estava incorreta. Ainda, quando a ação solicitada foi de oscilar em sentido oposto, as crianças oscilaram mais junto com a sala na condição de informação correta do que os adultos. Finalmente, quando a informação sobre o movimento da sala era errônea e a ação era movimentar em sentido oposto, as crianças oscilaram menos juntas com o movimento da sala do que os adultos jovens.

Discussão

Os resultados indicaram que ação motora correspondente é desencadeada pela manipulação

de informação sensorial e que a magnitude do efeito da manipulação da informação sensorial na ação motora desencadeada pode ser modulada por informação comportamental. Especificamente, os resultados mostraram que o movimento da sala induz oscilação correspondente tanto em crianças quanto em adultos. Informação sobre a situação que irá ocorrer provoca pequena mudança na ação desencadeada pela manipulação ambiental. Diferentemente, a solicitação de uma ação provoca maiores alterações na dinâmica de funcionamento referente ao uso de informação sensorial. Finalmente, em ambos os casos, tanto no fornecimento de informação quanto na solicitação de uma ação motora, crianças não conseguem fazer uso dessas informações tão bem quanto os adultos.

A influência da manipulação de informação visual, proveniente da movimentação de uma sala móvel, induz oscilação corporal tanto em adultos quanto em crianças não é novidade. Desde os estudos pioneiros de Lee e colaboradores (e.g., Lee & Lishman, 1975), o efeito de movimentos discretos desta sala na oscilação corporal tem sido observado em bebês (Bertenthal, Rose, & Bai, 1997; Lee & Aronson, 1974), crianças (Toledo, Rinaldi, & Barela, 2006) adultos e idosos (Prioli, Freitas Júnior, & Barela, 2005; Wade, Lindquist, Taylor, & Treat-Jacobson, 1995). Entretanto, vale ressaltar que esse efeito indica a relação entre informação sensorial e o controle postural, conforme sugerido desde os estudos iniciais (e.g., Lee & Lishman, 1975), e que no presente estudo está sendo denominado de dinâmica intrínseca de funcionamento do sistema. Nesse caso, a mudança da projeção da imagem na retina é suficiente para que o sistema de controle postural desencadeie atividade de músculos específicos para produzir oscilação corporal correspondente, na mesma direção de movimento da sala. Mais ainda, essa dinâmica intrínseca, acoplamento entre informação visual e controle postural, parece estar presente desde os primeiros dias de vida (Jouen, 1988; Jouen, Lepecq, Gapenne, & Bertenthal, 2000), sendo que parece ser decorrente da evolução da espécie e presente já no nascimento, denominado recentemente por Barela (2007), como “kit nascimento”.

Informação sobre a situação ambiental e solicitação de uma ação motora, frente à manipulação da informação visual, não foram capazes de anular totalmente os efeitos dessa manipulação sobre o controle postural. Mesmo na condição de informação correta ou falsa e da ação de não oscilar junto com a sala, tanto crianças quanto adultos ainda apresentaram oscilação corporal correspondente, conforme demonstrado

pelos valores de deslocamento corporal e coeficientes de correlação para a condição de não oscilar. Alguns estudos recentes têm demonstrado que informação sobre a manipulação visual (Freitas Júnior & Barela, 2004) ou solicitação em resistir à influência da mesma (Stoffregen, Hove, Schmit, & Bardy, 2006) diminui a magnitude e a força do acoplamento entre informação visual e oscilação corporal em adultos. Entretanto, mesmo nesses estudos, a influência da informação visual sobre a oscilação corporal ainda ocorre, indicando que a dinâmica intrínseca pode ser alterada apenas parcialmente por informação comportamental. Neste caso a solicitação, por exemplo, de não oscilar junto com a sala não conseguiu evitar o efeito da informação visual totalmente, mas apenas diminuir a magnitude da oscilação corporal. Assim, a dinâmica intrínseca, representada pelo acoplamento entre informação visual e oscilação corporal, foi alterada, porém não totalmente suprimida pela informação ou solicitação de uma determinada ação apresentada aos participantes.

Embora informação comportamental possa alterar apenas parcialmente a dinâmica intrínseca de funcionamento de um sistema, os resultados do presente estudo mostraram que a magnitude da alteração é diferente entre crianças e adultos. No caso de informação sobre o movimento da sala ou de uma ação requerida, crianças não conseguiram utilizá-la da mesma forma que adultos para controlar a oscilação corporal. Da mesma forma, as crianças não foram capazes de utilizar a informação fornecida na mesma magnitude que os adultos, os efeitos da manipulação visual quando foram solicitadas a não oscilar, oscilar junto e oscilar em sentido oposto ao movimento da sala. Esses efeitos foram observados tanto na magnitude e tempo de reversão do deslocamento corporal desencadeado pelo movimento da sala quanto no relacionamento entre o movimento da sala e a oscilação corporal, verificado pelos valores de coeficientes da correlação cruzada. Dessa forma, parece que as crianças não apenas apresentam dificuldades no uso de informação sensorial para realizar ação motora em situações nas quais as características do estímulo sensorial são alteradas (Godoi & Barela, 2007), mas também quando envolve utilização de informação apresentada ou ação requerida que concorre com a dinâmica intrínseca envolvendo relacionamento entre informação sensorial e ação motora.

Efeitos maiores na oscilação corporal, decorrentes da manipulação visual, em crianças de diversas faixas etárias, quando comparados aos observados em adultos têm sido verificados em alguns estudos (Lee & Aronson, 1974; Toledo,

Rinaldi, & Barela, 2006). Uma possível explicação para esse efeito maior em crianças seria que elas teriam dificuldade em resolver o conflito sensorial que a manipulação da informação visual provoca (Toledo, Rinaldi, & Barela, 2006), pois em diversas outras situações de manipulação sensorial, crianças com menos de sete anos não conseguiram resolver da mesma forma que crianças mais velhas e adultos (e.g., Forssberg & Nashner, 1982) e mesmo até o final da primeira década de vida (Barela, Godoi, Freitas Junior, & Polastri, 2000) Com base nos resultados do presente estudo, pode-se sugerir que crianças também teriam dificuldades em utilizar alguma informação fornecida por uma fonte externa, como professor/instrutor, para alterar a dinâmica intrínseca de funcionamento do sistema. Neste caso, crianças tendem a manter comportamentos já adquiridos e estabilizados, que refletem uma dinâmica intrínseca de funcionamento do sistema já estabelecida (Barela & Barela, 2001).

Considerando que o acoplamento entre informação visual e ação motora já está presente desde os primeiros dias de vida (Jouen, 1988; Jouen, Lepecq, Gapenne, & Bertenthal, 2000), pode ser sugerido que esta dinâmica entre informação sensorial e ação motora seria uma forma inicial de relacionamento do recém-nascido com o meio no qual ele está inserido. Entretanto, esta dinâmica intrínseca de acoplar à alteração do ambiente visual necessita ser alterada, pois não seria funcional responder a toda alteração do meio. Experiência em realizar uma dada ação motora e exposição ao estímulo sensorial pode alterar a dinâmica intrínseca entre informação visual e oscilação corporal em bebês neurologicamente normais (Barela, Godoi, Freitas Junior, & Polastri, 2000) e com necessidades especiais (Bonfim, 2005). Neste caso, a dinâmica intrínseca, presente no nascimento, é alterada com base nas experiências motoras que o bebê e, posteriormente, a criança vivencia ao longo dos anos de vida. Entretanto, mesmo sendo alterada, há ainda uma sobreposição da dinâmica intrínseca em diversas situações em que informação sensorial é manipulada em bebês e crianças (Bertenthal, Rose, & Bai, 1997; Schmuckler, 1997) e adultos (Freitas Júnior & Barela, 2004; Stoffregen, Hove, Schmit, & Bardy, 2006). Mesmo no caso dos adultos, o acoplamento entre informação visual e oscilação corporal ainda ocorre mesmo com a solicitação de resistir à influência da manipulação visual (Stoffregen, Hove, Schmit, & Bardy, 2006), portanto, solicitação de não oscilar com a sala (informação comportamental), não conseguiu anular totalmente a influência da movimentação da sala móvel (dinâmica intrínseca).

Com base nos resultados do presente estudo, podemos acrescentar que esta dificuldade em usar a informação comportamental para alterar a dinâmica intrínseca é ainda maior em crianças de oito anos comparadas com adultos. A implicação desta constatação para o entendimento do relacionamento entre informação sensorial e ação motora é que crianças seriam mais influenciadas pela dinâmica do acoplamento entre informação sensorial e ação motora já existente no sistema e, conseqüentemente, não conseguiriam responder com a mesma desenvoltura que adultos às demandas do ambiente que requeiram alteração do comportamento já estabelecido. Com relação ao controle postural, Barela e colaboradores (Barela, Godoi, Freitas Junior, & Polastri, 2000; Barela, Jeka, & Clark, 2003; Toledo, Rinaldi, & Barela, 2006) têm sugerido que bebês e crianças teriam dificuldades em alterar o acoplamento entre informação sensorial e ação motora das várias informações sensoriais disponíveis e focar na(s) informação(ões) sensorial(is) mais relevante(s) para realizar a ação motora desejada.

Finalmente, a solicitação de uma ação é mais eficiente do que o fornecimento de uma informação sobre o contexto ou sobre um acontecimento. Claramente, os resultados do estudo indicam que a ação solicitada, de não oscilar, oscilar junto ou oscilar em sentido oposto ao movimento da sala móvel foi mais eficaz em alterar a influência da manipulação da informação visual do que simplesmente informar que a sala estaria aproximando ou afastando do participante. Embora ambos os aspectos já tivessem sido observados na situação da sala móvel quando adultos foram informados sobre o movimento da sala (Freitas Júnior & Barela, 2004) ou solicitados a evitar a influência da sala (Stoffregen, Hove, Schmit, & Bardy, 2006), nenhuma comparação sistemática tinha ainda sido realizada entre ambas as condições. Portanto, em uma situação na qual o objetivo é o de alterar a dinâmica do sistema, como em situações de aprendizagem (e.g., Schöner, Zanone, & Kelso, 1992; e.g., Zanone & Kelso, 1992), solicitar uma determinada ação, apresentando um objetivo comportamental, seria mais eficiente para o desempenho de uma tarefa do que apresentar informação sobre o contexto em que a tarefa está sendo realizada. Entretanto, existe a necessidade de melhor entender a eficácia de cada uma das condições apresentadas nesse estudo em situações em que a dinâmica intrínseca do sistema não seja tão determinante para a realização da tarefa. Esse aspecto ainda carece de outros estudos para um melhor entendimento, necessitando, conseqüentemente de outros estudos.

Conclusão

A manipulação da informação visual desencadeia oscilação corporal correspondente em crianças e adultos, sendo este relacionamento decorrendo da dinâmica intrínseca do funcionamento do controle postural, que utiliza informação sensorial para desencadear atividade muscular para manter ou alcançar uma dada orientação corporal desejada. Embora o efeito da informação visual na oscilação corporal possa ser alterado pelo fornecimento de informação sobre o movimento da sala ou solicitando que o participante realize uma ação motora simultaneamente à manipulação visual, a influência da informação visual na oscilação corporal não pode ser totalmente evitada. Assim, a dinâmica intrínseca relacionada ao uso de informação sensorial e ação motora no controle postural, nesse caso, pode ser alterada apenas parcialmente pela informação comportamental, esta na forma de informação sobre a manipulação sensorial ou de uma ação a ser realizada.

O uso de informação comportamental para alterar a dinâmica intrínseca de funcionamento entre informação visual e oscilação corporal depende da idade do participante. Adultos são mais eficientes em usar a informação fornecida verbalmente sobre o movimento da sala e também conseguem realizar uma ação solicitada de forma mais eficiente do que as crianças. Portanto, comportamentos de crianças parecem refletir mais a dinâmica de funcionamento do sistema, e elas teriam mais dificuldades em utilizar informação comportamental para alterar essa dinâmica. Finalmente, a solicitação de uma ação é mais eficiente para alterar a dinâmica intrínseca de funcionamento do sistema do que apenas apresentar informação sobre as condições ambientais, de forma que o uso de objetivos e metas deveria ser preferido em situações que envolvam a mudança da dinâmica intrínseca de um sistema, como em situações de aprendizagem de uma nova tarefa motora.

Referências

- Barela, J. A. (2000). Estratégias de controle em movimentos complexos: ciclo percepção-ação no controle postural. *Revista Paulista de Educação Física, Suplemento 3*, 79-88.
- Barela, J. A. (2007). Adapted physical activity in promoting infant motor development. *Revista da SOBAMA, 12*(1), S42-47.
- Barela, J. A., & Barela, A. M. F. (2001). O contexto da aprendizagem motora: perspectivas teóricas e desafios metodológicos na abordagem dos sistemas dinâmicos. In M. d. G. S. Guedes (Ed.), *Aprendizagem Motora: problemas e contextos* (pp. 59-69). Cruz Quebrada: Faculdade de Motricidade Humana.
- Barela, J. A., Freitas Júnior, P. B., Godoi, D., & Polastri, P. F. (2001). The acquisition of sitting position in infants: The coupling between visual information and trunk sway. In J. v. d. Kamp, A. Ledebt, G. Salvesberg & E. Thelen (Eds.), *Advances in motor development and learning in infancy* (pp. 23-26). Enschede: Printpartners Ipskamp.
- Barela, J. A., Godoi, D., Freitas Junior, P., & Polastri, P. F. (2000). Visual information and body sway coupling in infants during sitting acquisition. *Infant Behavior & Development, 23*, 285-297.
- Barela, J. A., Jeka, J. J., & Clark, J. E. (2003). Postural control in children: Coupling to dynamic somatosensory information. *Experimental Brain Research, 150*, 434-442.
- Bertenthal, B. I., & Bai, D. L. (1989). Infant's sensitivity to optical flow for controlling posture. *Developmental Psychology, 25*(6), 936-945.
- Bertenthal, B. I., Rose, J. L., & Bai, D. L. (1997). Perception-action coupling in the development of visual control of posture. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 23*(6), 1631-1643.
- Bonfim, T. R. P., P.F.; Barela, J.A. (2005). *Efeito do toque suave no acoplamento entre informação visual e oscilação corporal em adultos e crianças*. Paper presented at the XI Congresso Brasileiro de Biomecânica, João Pessoa.
- Butterworth, G., & Hicks, L. (1977). Visual proprioception and postural stability in infancy. A developmental study. *Perception, 6*, 256-262.
- Delorme, A., Frigon, J., & Grothe, M. (1995). Postural reactions to a moving environment: Influence of aging in adults. In B. G. Bardy, R. J. Bootsma & Y. Guiard (Eds.), *Studies in perception and action III* (pp. 7-10). Hillsdale, NJ: LEA.
- Duarte, M., & Mochizuki, L. (2001). Análise establográfica da postura ereta humana. In L. A. Teixeira (Ed.), *Avanços em Comportamento Motor* (pp. 40-61). São Paulo: Movimento.
- Forssberg, H., & Nashner, L. M. (1982). Ontogenetic development of postural control in man: Adaptation to altered support and visual

- conditions during stance. *The Journal of Neuroscience*, 2(5), 545-552.
- Freitas Júnior, P. B., & Barela, J. A. (2004). Postural control as a function of self-and object-motion perception. *Neuroscience Letters*, 369, 64-68.
- Godoi, D., & Barela, J. A. (2007). Body Sway and Sensory Motor Coupling Adaptation in Children: Effects of Distance Manipulation. *Developmental Psychobiology*, no prelo.
- Higgins, C. I., Campos, J. J., & Kermoian, R. (1996). Effect of self-produced locomotion on infant postural compensation to optic flow. *Developmental Psychology*, 32(5), 836-841.
- 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.
- Jouen, F. (1988). Visual-proprioceptive control of posture in newborn infants. In B. Amblard, A. Berthoz & F. Clarac (Eds.), *Posture and gait: Development, adaptation and modulation* (pp. 13-22). Amsterdam: Elsevier Science Publishers B.V.
- Jouen, F., Lepecq, J. C., Gapenne, O., & Bertenthal, B. I. (2000). Optic flow sensitivity in neonates. *Infant Behavior and Development*, 23, 271-284.
- 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. *Perception*, 2, 287-294.
- Prioli, A. C., Freitas Júnior, P. B., & Barela, J. A. (2005). Physical activity and postural control in the elderly: Coupling between visual information and body sway. *Gerontology*, 51, 145-148.
- Schmuckler, M. A. (1997). Children's postural sway in response to low- and high-frequency visual information for oscillation. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 23(2), 528-545.
- Schöner, G. (1991). Dynamics theory of action-perception patterns: the "moving room" paradigm. *Biological Cybernetics*, 64, 455-462.
- Schöner, G., Dijkstra, T. M. H., & Jeka, J. J. (1998). Action-perception patterns emerge from coupling and adaptation. *Ecological Psychology*, 10(3-4), 323-346.
- Schöner, G., & Kelso, J. A. S. (1988a). A synergetic theory of environmentally-specified and learned patterns of movement coordination. I. Relative phase dynamics. *Biological Cybernetics*, 58, 71-80.
- Schöner, G., & Kelso, J. A. S. (1988b). A synergetic theory of environmentally-specified and learned patterns of movement coordination. II. Component oscillator dynamics. *Biological Cybernetics*, 58, 81-89.
- Schöner, G., Zanone, P. G., & Kelso, J. A. S. (1992). Learning as change of coordination: Theory and experiment. *Journal of Motor Behavior*, 24(1), 29-48.
- Soames, R. W., & Atha, J. (1982). The spectral characteristics of postural sway behavior. *European Journal of Applied Physiology*, 49, 169-177.
- 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.
- Toledo, D. R., Rinaldi, N. M., & Barela, J. A. (2006). Controle postural em crianças: Efeito da manipulação da informação visual discreta. *Brazilian Journal of Motor Behavior*, 1(1), 82-88.
- Wade, M. G., Lindquist, R., Taylor, J. R., & Treat-Jacobson, D. (1995). Optical flow, spatial orientation, and the control of posture in the elderly. *Journal of Gerontology*, 50B(1), P51-P58.
- Zanone, P. G., & Kelso, J. A. S. (1992). Learning and transfer as dynamical paradigms for behavioral change. In G. E. Stelmach & J. Requin (Eds.), *Tutorials in Motor Behavior II* (pp. 563-582). New York: Elsevier Science Publishers B.V.

Endereço para correspondência:

Alaercio Perotti Júnior
Centro Universitário Hermínio Ometto
Av. Dr. Maximiliano Baruto, 500
Jd. Universitário, Araras, SP
CEP 13607-339
e-mail: alaercio@vivax.com.br

Submetido: 28 de Junho de 2007.

Revisado: 04 de Novembro de 2007.

Aceito: 30 de Janeiro de 2008.