

Controle postural em crianças: Efeito da manipulação da informação visual discreta

Diana R. Toledo, Natália M. Rinaldi & José A. Barela

Laboratório para Estudos do Movimento - LEM
Depto de Educação Física
Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, SP, Brasil 13506-900.

Postural control in children: Effect of discrete manipulation of visual information

Abstract: Postural control developmental changes are observed throughout the first decade of life. These changes are in behavioral performance as well in how to integrate sensory information into motor activity. Despite all the efforts to uncover the mechanisms and processes underlying these changes, it is not clear yet when children integrate sensory information related to postural control similarly to adults. Therefore, the aim of this study was to examine the effects of visual manipulation on body oscillation in children. Ten eight-year old, ten twelve-year old children and eight adults were asked to maintain the upright stance inside a moving room that oscillated discretely back or forward. Participant trunk's sway and moving room displacement, in the anterior-posterior, direction were obtained through IRED markers. Dependent variables were mean sway amplitude and body displacement due to the movement of the moving room. Results revealed that young children oscillated more than older children and adults. Similar results were observed as a consequence of visual manipulation; with young children being more affected and displaying larger body sway than older children and adults. These findings suggest that postural control is not fully developed even at age of eight years and that children at this age still may have difficulties in solving sensory conflicting situations.

Key Words: children, posture, moving room, visual manipulation.

Introdução

A manutenção da postura em pé é alcançada apenas ao redor do primeiro ano de vida e as primeiras tentativas de manter os segmentos corporais alinhados sobre uma base de suporte não é uma tarefa trivial para o bebê. Tal dificuldade decorre do fato de que esta tarefa envolve um intrincado relacionamento entre informação sensorial e ação motora (Barela, 1997; Barela, Jeka & Clark, 1999), que ainda é refinado ao longo dos primeiros anos de vida. Apesar de vários avanços no entendimento das mudanças comportamentais e explicações sobre os mecanismos responsáveis por estas mudanças, muitas questões sobre o desenvolvimento do controle postural em crianças ainda estão abertas e necessitam ser melhor elucidadas.

Mudanças desenvolvimentais no controle postural, ao longo da primeira década de vida, têm sido observadas em diversos estudos. Por exemplo, a amplitude e velocidade da oscilação corporal diminuem com o passar dos anos (Figura, Cama, Capranica, Gudetti & Pulejo, 1991; Riach & Hayes,

1987; Streepey & Ângulo-Kinzler, 2002; Zernicke, Gregor & Cratty, 1982), indicando uma melhora no funcionamento do sistema de controle postural. Da mesma forma, mudanças desenvolvimentais têm também sido observadas quanto ao uso de informação sensorial. Embora manipulação da informação visual desencadeie reação em recém-nascidos (Jouen, 1988; Jouen, Lepecq, Gapenne & Bertenthal, 2000) e bebês (Barela, Godoi, Freitas Júnior & Polastri, 2000; Beterthal & Bai, 1989; Higgins, Campos & Kermoian, 1986), o uso de informação visual no controle postural, nos primeiros anos de vida, ainda é muito controverso e motivo de diversos estudos. Enquanto que em alguns casos informação visual foi considerada crucial para a manutenção da postura ereta (Forsberg & Nashner, 1982; Riach & Hayes, 1987), em outros a presença ou ausência de informação visual não alterou as características da oscilação corporal de crianças nos primeiros anos de idade (Ashmead & McCarty, 1991; Barela, Polastri & Godoi, 2000).

Apesar destes resultados divergentes, uma hipótese sugerida por Woollacott e colegas

(Shumway-Cook & Woollacott, 1985; Woollacott, Debû & Mowatt, 1987), de que a visão seria predominante com relação aos demais canais sensoriais, ainda é surpreendentemente aceita. Segundo esta proposta, nos primeiros anos de idade, a informação visual predominaria em relação às informações provenientes dos demais canais sensoriais (por exemplo, vestibular e somatosensorial) e, apenas ao redor dos 7 anos de idade, ocorreria uma transição, quando o sistema de controle postural deixaria de ser dependente da visão e passaria a integrar informações provenientes dos demais sistemas sensoriais (Shumway-Cook & Woollacott, 1985; Woollacott, Debû & Mowatt, 1987), apresentando funcionamento do controle postural similar ao de adultos.

Embora a proposta de predominância da informação visual no controle postural nos primeiros anos de vida tenha sido questionada (Barela, Godoi, Freitas Junior & Polastri, 2000; Barela, Jeka & Clark, 2003), diversos estudos têm mostrado que crianças antes dos 7 anos de idade apresentam dificuldades em resolver situação de conflito sensorial (Forssberg & Nashner, 1982; Shumway-Cook & Woollacott, 1985). Uma possível explicação para estas mudanças desenvolvimentais, tanto para os aspectos comportamentais quanto para o uso de informação sensorial, seria que crianças nos anos iniciais de vida apresentariam diferenças no acoplamento entre informação sensorial e ação motora (Barela, Jeka & Clark, 2003). Estas diferenças seriam decorrentes de dificuldades em estimar a dinâmica corporal (por exemplo, posição e velocidade da oscilação corporal) e dificuldades em controlar a musculatura responsável em minimizar a oscilação corporal (Barela, Jeka & Clark, 2003). Neste caso, por apresentar um comportamento menos estável, qualquer perturbação (sensorial ou mecânica) poderia provocar um efeito maior na oscilação corporal e até mesmo uma total desestabilização da orientação corporal, implicando em quedas, conforme observado em diversos casos de manipulação de informação sensorial (Lee & Aronson, 1974; Fossberg & Nashner, 1982; Shumway-Cook & Woollacott, 1985).

Diversas tentativas têm sido realizadas com o objetivo de verificar o relacionamento entre informação sensorial e ação motora em crianças. Por exemplo, Foster, Sveistrup e Woollacott (1996) observaram que a magnitude de resposta da oscilação corporal de bebês e crianças de 5 meses a 10 anos de idade, submetidas à manipulação visual através de uma sala móvel, foi menor para crianças mais velhas. Este resultado indica que as crianças

são diferentemente afetadas pela manipulação da informação visual em diferentes níveis do desenvolvimento e que ocorrem mudanças na performance do sistema de controle postural até o final da infância. Da mesma forma, quando a qualidade de informação visual foi manipulada, diferenças comportamentais foram ainda observadas mesmo em crianças com 12 anos de idade (Godoi & Barela, submetido), indicando diferenças no uso de informação sensorial. Assim, embora a idade de 7 anos pareça constituir um marco no uso de informação sensorial para controlar a postura, mudanças desenvolvimentais ainda ocorrem em idades mais avançadas. Desta forma, o objetivo deste estudo foi analisar os efeitos da manipulação discreta decorrente de um movimento abrupto da informação visual no controle postural em crianças de 8 e 12 anos de idade. A proposta experimental foi que manipulando o fornecimento de informação a um canal sensorial, enquanto que a informação disponível aos demais canais não seria manipulada, criaria uma situação de conflito sensorial. Assim, para a manutenção da postura, este conflito teria que ser resolvido.

Método

Participantes

Participaram do estudo vinte crianças e oito adultos. As crianças foram divididas em dois grupos etários: 8 ($\pm 0,5$ ano) e 12 ($\pm 0,5$ ano) anos de idade e os adultos tinham em média 21,8 ($\pm 1,5$ anos) anos de idade. As crianças foram recrutadas na comunidade de Rio Claro, através de contatos com escolas públicas e familiares. O grupo de adultos foi constituído por alunos de graduação e pós-graduação do Instituto de Biociências, UNESP, Campus de Rio Claro. Todos os participantes tinham visão normal ou corrigida à normal e relataram ausência de qualquer disfunção musculoesquelética ou desordem neurológica 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 do Instituto de Biociências da UNESP-RC. No caso das crianças, o termo de concordância foi assinado por um dos pais ou responsável.

Procedimentos

Este trabalho foi realizado no Laboratório para Estudos do Movimento (LEM), do Departamento de Educação Física, IB, UNESP – Rio Claro. As

crianças, acompanhadas pelos pais, e os adultos fizeram uma visita ao LEM. Assim que chegavam ao laboratório os objetivos e procedimentos eram explicados e, caso concordassem em participar, o termo de consentimento era assinado.

A tarefa experimental era permanecer dentro de uma sala móvel o mais estático possível, com os braços posicionados ao lado do corpo, olhando para um alvo fixado na parede do fundo da sala. A sala móvel possui rodas em sua parte inferior que são posicionadas sobre trilhos, possibilitando movimentos para frente e para trás, independentemente da superfície onde o participante está posicionado. As dimensões da sala são: 2,1 x 2,1 x 2,1 m (altura, largura e comprimento) e as paredes internas são pintadas com listras verticais pretas e brancas, intercaladas, com o objetivo de aumentar o contraste visual. Representação da posição do participante na sala móvel é apresentada na Figura 1. O movimento da sala foi produzido e controlado por um mecanismo servo motor, constituído de um controlador (Compumotor – APEX6151), um motor de passo (Compumotor – Modelo N0992GR), um cilindro elétrico (Compumotor – Modelo EC3-X3) e software específico para controlar o sistema (Compumotor – Motion Architect for Windows).



FIGURA 1: Foto de um participante realizando a tarefa dentro da sala móvel.

Onze tentativas foram realizadas com duração de 16 segundos cada. A primeira foi sem movimento e as demais com movimento discreto da sala, ora para frente ora para trás, com velocidade de 1,3 cm/s e amplitude de movimento de 2,6 cm. Entre as tentativas, intervalos foram solicitados a fim de garantir a atenção e descanso dos participantes. Dois emissores infravermelhos, de um sistema de análise de movimento tridimensional (OPTOTRAK 3020 – Northern Digital Inc.) foram

utilizados para capturar o deslocamento corporal e o deslocamento da sala, sendo um afixado na região interescapular dos participantes e outro na parede frontal da sala. A frequência de aquisição destes sinais foi de 100 Hz.

Tratamento dos dados

O tratamento dos dados e o computo das variáveis foram realizados utilizando rotinas escritas em MATLAB (Math Works, versão 7.0). Os dados da oscilação corporal foram filtrados por meio de um filtro digital Butterworth passa baixa, de 2ª ordem e com frequência de corte de 5 Hz. Os dados da posição da sala foram filtrados por meio de um filtro digital Butterworth passa baixa, de 2ª ordem e com frequência de corte de 10 Hz.

Para verificar a oscilação corporal na direção ântero-posterior antes, durante e após o movimento da sala, as variáveis utilizadas foram: amplitude média de oscilação para os períodos precedente (4 segundos iniciais da tentativa) e posterior ao movimento da sala (10 segundos finais da tentativa) e o deslocamento corporal desencadeado pelo movimento da sala. A amplitude média de oscilação corresponde à variabilidade ao redor da média de cada período, sendo calculada obtendo-se o desvio padrão após a subtração da média dos valores que quantificam a magnitude de oscilação corporal ao longo da tentativa. Assim, a amplitude média de oscilação corresponde à variância dos dados, sendo que valores menores indicam dispersão menor e vice-versa. Portanto, valores menores indicariam uma melhor performance do funcionamento do sistema de controle postural e vice-versa.

O deslocamento corporal é a medida que quantifica o efeito da informação visual proveniente da movimentação da sala, no deslocamento corporal dos participantes. Corresponde à distância entre o início e o final do deslocamento corporal, quando a sala foi movimentada para frente ou para trás. Valores menores do deslocamento indicaram uma menor influência da manipulação visual e uma resolução mais rápida do conflito sensorial criado pelo movimento da sala.

Análise Estatística

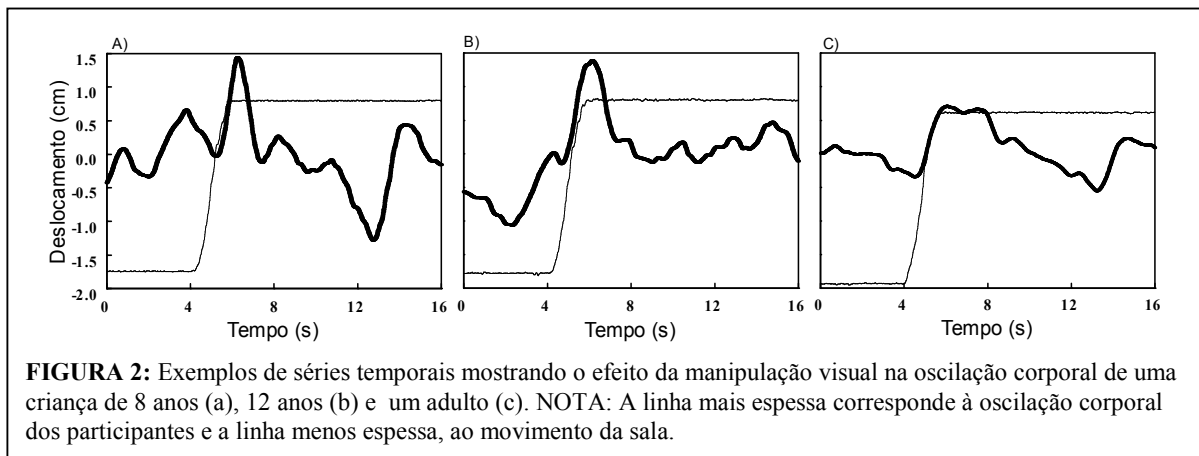
Foram realizadas duas análises de multivariância (MANOVA) para verificar a diferença entre os grupos etários, tendo como fator, os grupos etários. Uma MANOVA foi realizada tendo como variável dependente o deslocamento corporal desencadeado pela movimentação da sala

nas direções de movimento de aproximar ou afastar. A outra MANOVA realizada teve como variável dependente a amplitude média de oscilação nos períodos antes e após o movimento da sala. Quando necessário, testes univariados e post hoc de Tukey foram utilizados. O nível de significância foi mantido a 0,05 e as análises foram realizadas através do programa SPSS (SPSS for Windows – versão 10.0).

Resultados

Todos os participantes foram influenciados pelo movimento da sala, apresentando oscilação

corporal correspondente. A Figura 2 apresenta exemplos de oscilação corporal desencadeada pelo movimento da sala em crianças e adultos. Como pode ser observado, antes do movimento da sala, os participantes apresentavam oscilação corporal característica durante a manutenção da postura em pé. Porém, assim que a sala foi movimentada – afastando-se do participante, oscilação corporal na mesma direção do movimento da sala ocorreu. Após ter realizado este deslocamento, os participantes tentaram voltar à posição que estavam anteriormente.



Amplitude Média de Oscilação

A Figura 3 apresenta a amplitude média de oscilação para os três grupos etários antes e após a ocorrência da manipulação da informação visual. MANOVA apontou diferença entre os grupos, Wilks' Lambda=0,488, $F(4,48)=5,180$, $p<0,01$. Testes univariados indicaram diferenças tanto para a AMO antes, $F(2,25)=4,864$, $p<0,05$, quanto após, $F(2,25)=8,503$, $p<0,01$, a movimentação de informação visual. Testes post hoc revelaram que antes do movimento da sala móvel, crianças de 8 anos oscilaram mais que crianças de 12 e adultos, não havendo diferença entre estes dois últimos grupos. Após a movimentação da sala, crianças de 8 anos oscilaram mais que crianças de 12 anos. Entretanto, tanto crianças de 8 anos como de 12 anos oscilaram similarmente aos adultos.

Deslocamento Corporal

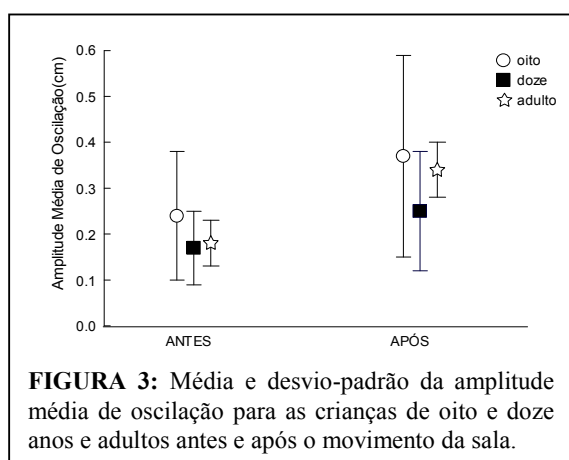
A Figura 4 apresenta o deslocamento corporal desencadeado pela manipulação da informação visual, decorrente do movimento da sala móvel, para os três grupos etários. MANOVA apontou diferenças entre os grupos, Wilks' Lambda=0,422,

$F(4,48)=6,464$, $p<0,001$. Testes univariados apontaram diferença tanto quando a sala se aproximou, $F(2,25)=8,540$, $p<0,005$, como quando ela se afastou, $F(2,25)=8,965$, $p>0,005$, do participante. Testes post hoc indicaram que, em ambas as condições, crianças de 8 anos se deslocaram mais do que adultos. Ainda, na condição em que a sala se afastou dos participantes, crianças de 8 anos deslocaram-se mais que crianças de 12 anos. Finalmente, nenhuma diferença foi observada entre crianças de 12 anos e adultos, em ambas as condições de movimento da sala.

Discussão

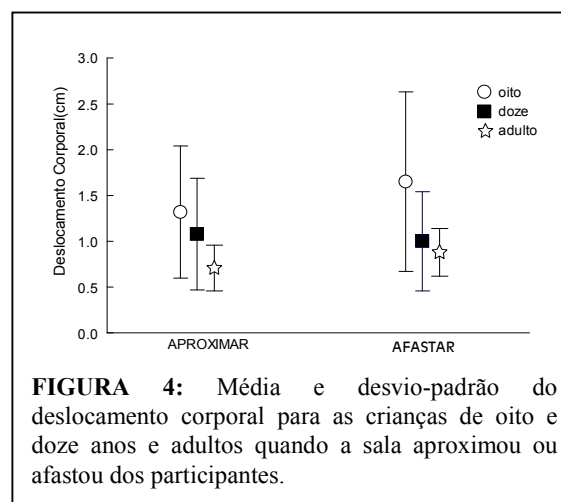
Considerando que o objetivo deste estudo foi analisar os efeitos da manipulação discreta da informação visual no controle postural em crianças, os resultados indicaram que a manipulação da informação visual induziu oscilação corporal correspondente tanto em crianças quanto em adultos. Apesar de este efeito ocorrer tanto em crianças quanto em adultos, algumas diferenças no controle postural antes e após a manipulação da informação visual foram observadas entre as crianças e os adultos, indicando diferenças no

funcionamento do sistema de controle postural entre estes grupos. O primeiro aspecto que precisa ser discutido é que crianças mais jovens oscilam mais que crianças mais velhas e adultos, mesmo em condições normais de manutenção da posição em pé. Segundo, manipulação da informação visual, através do movimento da sala móvel com movimentos discretos, influencia mais as crianças mais jovens do que crianças mais velhas e adultos. Finalmente, estes resultados indicam que mesmo crianças com 8 anos de idade ainda não apresentam desenvolvimento completo do sistema de controle postural. Entretanto, nas condições analisadas, crianças com 12 anos de idade já apresentam funcionamento do sistema de controle postural similar aos adultos.



Mesmo em uma situação cotidiana de manter a postura ereta, sem qualquer perturbação, crianças de 8 anos de idade oscilam mais que crianças de 12 anos e adultos. Similaridade na performance de controle postural entre crianças e adultos, foi observada apenas para o grupo de 12 anos de idade. Estes resultados indicam que o funcionamento do sistema de controle postural ainda não está totalmente desenvolvido mesmo aos 8 anos de idade. Os resultados observados no presente estudo contradizem alguns resultados de estudos anteriores (Postfors-Yeomans & Riach, 1985; Riach & Hayes, 1987), que apontam que o desenvolvimento do controle postural estaria completo ao redor do oitavo ano de vida. Por outro lado, diversos outros estudos apontam que mudanças comportamentais, tais como maior oscilação corporal, ainda são observadas em idades mais avançadas (e.g., Zernicke, Gregor & Cratty, 1982). Uma possível explicação para a discrepância destes resultados poderia ser as diferentes exigências das tarefas utilizadas, tais como manipulação da base de suporte ou condições de disponibilidade de informação sensorial, uma vez que o controle

postural é dependente da tarefa (Horak & MacPherson, 1996) como tem sido observado tanto para crianças (Streepey & Ângulo-Kinzler, 2002) quanto para idosos (Prioli, Cardozo, Freitas Júnior & Barela, 2006). Mais importante, entretanto, é que, quando comparadas com os adultos, diferenças no funcionamento do sistema de controle postural ainda são observadas em crianças com 8 anos de idade, porém estas diferenças não estão presentes em crianças com 12 anos de idade. Neste caso, parece que o funcionamento do sistema de controle postural, pelo menos para as exigências da tarefa de permanecer na posição em pé, apresenta performance similar ao de adultos nesta idade.



Uma possível explicação para diferenças no funcionamento do sistema de controle postural entre crianças mais novas e os demais grupos poderia ser decorrente de diferenças no acoplamento entre informação sensorial e ação motora (Barela, Jeka & Clark, 2003), necessário para manter a orientação postural. Neste caso, assumindo que a manutenção da posição corporal desejada depende de informação sensorial sobre a posição relativa dos segmentos corporais e o ambiente e de ativação muscular apropriada, baseada nestas informações sensoriais (Horak & MacPherson, 1996), crianças com pelo menos 8 anos de idade, ainda apresentariam dificuldade em usar as informações sensoriais para produzir atividade muscular apropriada. Como consequência, a oscilação corporal é maior quando comparada com crianças mais velhas e de adultos.

Uma forma de verificar a estabilidade do acoplamento entre informação sensorial e ação motora é manipular, de forma controlada, informação sensorial e verificar a ação motora que esta manipulação desencadeia (Schöner, Dijkstra & Jeka, 1998). Neste estudo, a manipulação visual de forma discreta provocou maior deslocamento

corporal em crianças de 8 anos de idade do que em adultos e em crianças de 12 anos, pelo menos quando a sala se afastou dos participantes. Estes resultados confirmam que crianças de 8 anos de idade apresentam um comportamento menos estável, conforme já verificado com o uso de informação somatossensorial, de forma contínua (Barela, Jeka & Clark, 2003). Em crianças mais novas, manipulação da informação sensorial pode até comprometer a posição ereta, provocando inclusive quedas ou a não manutenção da postura ereta (Lee & Aronson, 1974; Forssberg & Nashner, 1982; Shumway-Cook & Woollacott, 1985).

Em um primeiro momento, a sugestão de que a maior oscilação corporal desencadeada pelo movimento da sala em crianças mais novas, em relação aos demais grupos, seria decorrente de diferenças no acoplamento entre informação sensorial e ação motora parece contraditória. Como um maior efeito da manipulação de informação sensorial no controle postural pode ser utilizado para sugerir dificuldades no uso de informação sensorial para controlar a posição corporal? Informação sensorial para o controle da orientação corporal é proveniente de diferentes fontes sensoriais, sendo os principais sistemas o visual, o somatossensorial e o vestibular (Nashner, 1981). Na maioria de nossas ações, as informações provenientes destes canais sensoriais são redundantes, sendo que a falta ou deficiência de um canal pode ser compensada por informações provenientes dos demais canais (Horak & MacPherson, 1996). Entretanto, em situações de conflito sensorial ou de ambigüidade na informação fornecida, estes são resolvidos a partir de um intrincado relacionamento entre as informações sensoriais disponíveis. Assim, quando a sala é movimentada, informação sensorial é manipulada e induz à uma situação de conflito sensorial. No início do movimento da sala, a informação visual indica alteração na relação entre o participante e o ambiente que o rodeia, enquanto que as informações sensoriais provenientes dos sistemas vestibular e somatossensorial indicam que o participante não se movimentou. Apesar das informações vestibulares e somatossensoriais, a informação visual sobrepõe estas duas e deslocamento corporal correspondente é desencadeado. Este deslocamento corporal é interrompido (na verdade, revertido) quando o deslocamento corporal excede algum limite de detecção de movimento pelos sistemas vestibular e somatossensorial que sinalizam deslocamento corporal e, finalmente, conseguem sobrepor à informação visual. No caso das crianças de 8 anos,

a resolução deste conflito sensorial ocorre apenas após um deslocamento corporal maior.

Embora redundante, as informações provenientes dos diversos canais sensoriais possibilitam um controle da orientação corporal de forma mais precisa. Assim, qualquer dificuldade em integrar informações provenientes de diversas fontes sensoriais, pode comprometer a performance do sistema de controle postural e, conseqüentemente, apresentar oscilação corporal maior mesmo em situações em que não ocorra manipulação da informação sensorial. Novamente, informação sensorial possibilita identificar a dinâmica da oscilação corporal (posição relativa do corpo e a velocidade da alteração desta posição relativa) e propicia meios para que o sistema de controle postural desencadeie atividade muscular para manter ou alterar esta dinâmica (Barela, Jeka & Clark, 2003; Horak & MacPherson, 1996). Mais ainda, bebês (Barela, Godoi, Freitas Júnior & Polastri, 2000) e crianças de até 8 anos de idade (Barela, Jeka & Clark, 2003) apresentam variabilidade maior que adultos no relacionamento entre informação sensorial e ação motora, quando este relacionamento ocorre de forma contínua. Com os resultados do presente estudo, podemos sugerir que o mesmo ocorre em situações com alteração abrupta e discreta da informação sensorial, mesmo em crianças com 8 anos de idade.

A maior influência da manipulação da informação visual no deslocamento corporal indica que crianças de 8 anos se diferem das crianças mais velhas e dos adultos na resolução de conflito sensorial. Entretanto, os fatores envolvidos nesta resolução podem atuar de maneira isolada ou associada e, ainda, necessitam ser esclarecidos. Neste caso, esta diferença na resolução de conflito sensorial entre crianças de 8 anos e crianças mais velhas e adultos poderia ser decorrente de diferenças na integração das informações sensoriais disponíveis, da realização da ação motora necessária para manter a orientação postural desejada ou, ainda, como informações sensoriais são integradas em atividade muscular motora necessária para manter ou alcançar uma orientação corporal desejada. Assim, há necessidade de identificar estas fontes de diferenças no desenvolvimento do controle postural em crianças.

Agradecimentos

Diana R. Toledo é bolsista de mestrado da FAPESP (Proc. no. 06/54022-1), Natália M. Rinaldi é bolsista de I.C. CNPq/PIBIC (Proc. no.303196/2004-1) e José A. Barela é bolsista produtividade CNPq (Proc. no. 303196/2004-1)

Referências

- Ashmead, D.A. & McCarty, M.E. (1991). Postural sway of human infants while standing in light and dark. *Child Development*, 63, 1276-1287.
- Barela, J.A., Godoi, D., Freitas Junior, P.B. & Polastri, P.F. (2000). Visual information and body sway coupling in infants during sitting acquisition. *Infant Behavior and Development*, 23, 285-287.
- 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.
- Barela, J.A., Polastri, P. F. & Godoi, D. (2000). Controle postural em crianças: oscilação corporal e frequência de oscilação. *Revista Paulista de Educação Física*, 14, 68-77.
- Beterthal, B.I. & Bai, D.L. (1989). Infant's sensitivity to optical flow for controlling posture. *Development Psychology*, 25, 936-945.
- Figura, F., Cama, G., Capranica, L., Gudetti, L. & Pulejo, C. (1991). Assessment of static balance in children. *The Journal of Sport Medicine and Physical Fitness*, 31, 235-242.
- Foster, E.C., Sveistrup, H. & Woollacott, M.H. (1996). Transitions in visual proprioception: a cross-sectional developmental study of the effect of visual flow on postural control. *Journal of Motor Behavior*, 28, 101-112.
- Forsberg, 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, 545-552.
- Godoi, D. & Barela, J.A. (submetido). Body sway and sensory motor coupling adaptation in children: effects of distance manipulation. *Developmental Psychobiology*.
- Higgins, C.I., Campos, J.J. & Kermoian, R. (1986). Effect of self-produced locomotion on infant postural compensation to optic flow. *Development Psychobiology*, 32, 836-841.
- Horak, F.B. & MacPherson, J.M. (1996). Postural orientation and equilibrium, In: L.B Rowell, J.T. Shepherd (Eds.), *Handbook of physiology: a critical, comprehensive presentation of physiological knowledge and concepts* (pp 255-292). Oxford American Physiological Society.
- 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 59-65). Elsevier Science Publishers B.V. (Biomedical Division).
- 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 stance. *Journal of Human Movement Studies*, 1, 87-95.
- Nashner, L.M. (1981). Analysis of stance posture in humans. In: A.L. Towe, E.S. & Luschei (Eds.), *Motor coordination. (Handbook of Behavioral Neurology)*, (pp. 527-565). Plenum Press.
- Postfors-Yeomans, C. & Riach, C.L. (1995). Frequency characteristics of postural control of children with and without visual impairment. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 37, 456-463.
- Prioli, A.C., Cardozo, A.S., Freitas Junior, P.B. & Barela, J.A. (2006). Task demand effects on postural control in older adults. *Human Movement Science*, 25, 435-446.
- Riach, C.L. & Hayes, K.C. (1987) Maturation of postural control in young children. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 29, 650-658.
- Schöner, G., Dijkstra, T.M.H. & Jeka, J.J. (1998). Action-perception patterns emerge from coupling and adaptation. *Ecological Psychology*, 10, 323-46.
- Shumway-Cook, A. & Woollacott, M.H. (1985). The growth of stability: postural control from a developmental perspective. *Journal of Motor Behavior*, 17, 131-147.
- Streepey, J.W. & Ângulo-Kinzler, R.M. (2002). The role of task difficulty in the control of dynamic balance in children and adults. *Human Movement Science*, 21, 423-438.
- Zernicke, R.F., Gregor, R.J. & Cratty, B.J. (1982). Balance and visual proprioception in children. *Journal of Human Studies*, 8, 1-13.
- Woollacott, M.H., Debû, B. & Mowatt, M. (1987). Neuromuscular control of posture in the infant and child: is vision dominant? *Journal of Motor Behavior*, 19, 167-186.

Endereço para correspondência:

José Angelo Barela
 Laboratório para Estudos do Movimento
 Depto de Educação Física – UNESP
 Av. 24-A, 1515 – Rio Claro – SP
 15506-900
 e-mail: jbarela@rc.unesp.br

Submetido: 15 de Outubro de 2006.

Revisado: 13 de Novembro de 2006

Aceito: 17 de Novembro de 2006.