

Efeito do toque suave e da informação visual no controle da posição em pé de adultos

CDD. 20.ed. 152

Thatia Regina BONFIM^{*/**}
Paula Favaro POLASTRI^{*/**}
José Angelo BARELA^{*}

*Instituto de Biociências,
Universidade Estadual
Paulista - Rio Claro.
**Pontifícia Universidade
Católica de Minas Gerais
- Poços de Caldas.
***Faculdade de
Ciências, Universidade
Estadual Paulista -
Bauru.

Resumo

Informação somatossensorial, fornecida através do toque suave reduz oscilação corporal. No entanto, não se sabe qual o efeito do toque suave na oscilação corporal, quando a informação visual é manipulada, por meio da sala móvel. Assim, o objetivo deste estudo foi verificar o efeito do toque suave sobre a oscilação corporal de adultos em diferentes condições visuais. Oito adultos jovens foram instruídos a permanecer em pé em uma sala móvel, em frente a uma barra de toque. Foram afixados emissores infravermelhos na cabeça, entre as escápulas e na região lombar dos participantes. Os participantes realizaram seis condições experimentais, sendo combinadas as situações: com e sem visão, com e sem toque na barra e; com e sem movimento da sala móvel. Cada tentativa teve a duração de 60 segundos e frequência de coleta de 100 Hz, sendo analisadas as variáveis: amplitude média de oscilação e ganho. Os resultados apontaram que o toque suave reduziu a oscilação corporal em todas as situações visuais e diminuiu a influência do estímulo visual proveniente da oscilação da sala móvel. Desta forma, em uma situação na qual o estímulo visual é manipulado por meio de uma sala móvel, o toque suave diminui a oscilação corporal indicando que, nesta situação experimental, a informação somatossensorial sobrepuja a informação proveniente do sistema visual.

UNITERMOS: Oscilação corporal; Informação visual; Informação somatossensorial.

Introdução

A manutenção de uma determinada orientação corporal é alcançada a partir de um intrincado relacionamento entre informação sensorial e atividade muscular (HORAK & MACPHERSON, 1996). Neste caso, a informação sensorial possibilita que o sistema de controle postural obtenha uma estimativa da orientação corporal e a atividade muscular possibilita que as forças atuando no corpo sejam equilibradas ou controladas, de modo que, o objetivo da tarefa de manutenção da postura ou a obtenção de uma dada orientação corporal seja alcançada (BARELA, 2000).

Dadas as características dos sistemas músculo-esquelético e sensorial, a tarefa do sistema de controle postural em manter uma determinada orientação corporal não é trivial. Primeiro, o corpo humano é composto por muitos segmentos que necessitam ser alinhados e orientados de forma apropriada, de acordo

com o objetivo da tarefa. Segundo, os estímulos sensoriais são provenientes de diversos canais sensoriais que necessitam ser integrados de forma que informação fidedigna, sobre a orientação e o equilíbrio postural, seja obtida. Finalmente, informação sensorial deve ser integrada em atividade muscular apropriada, necessitando assim, um intrincado relacionamento entre informação sensorial e atividade muscular. Portanto, o sistema de controle postural necessita obter informação precisa a partir de diversas fontes sobre a posição corporal e, com base nesta informação, desencadear atividade muscular apropriada para que o objetivo da tarefa seja alcançado (BARELA, 2000; SCHÖNER, 1991).

Além disto, é importante considerar o contexto em que a tarefa é realizada (STREEPEY & ÂNGULO-KINZLER, 2002), pois em função do contexto em

que determinada tarefa é realizada, o sistema de controle postural se baseia mais em uma informação sensorial do que em outras (JEKA, OIE & KIEMEL, 2000). Segundo estes autores, o peso atribuído a cada canal sensorial depende do quão útil a informação fornecida por este é para que o sistema de controle postural alcance seu objetivo. Assim, dependendo da tarefa, uma informação sensorial pode tornar-se mais preponderante do que outras; porém, em outra situação esta preponderância pode ser alterada ou até mesmo invertida.

Assim, um dos maiores desafios para desvendar o funcionamento do sistema de controle postural é compreender como um sistema que recebe estímulos sensoriais de diversas fontes consegue utilizá-las para coordenar e controlar os diversos graus de liberdade dos segmentos corporais (JEKA & LACKNER, 1995). Basicamente, o sistema de controle postural recebe estímulos de três canais sensoriais: visual, vestibular e somatossensorial. Uma estratégia empregada para examinar como o sistema de controle postural utiliza informação sensorial é manipular os estímulos provenientes destes canais e verificar as conseqüências motoras decorrentes desta manipulação. Por exemplo, manipulando a informação visual por meio do paradigma da "sala móvel", muitos estudos (p.ex. FREITAS JÚNIOR & BARELA, 2004; LEE & LISHMAN, 1975; POLASTRI & BARELA, 2005) observaram que o movimento de uma sala móvel influencia o sistema de controle postural. Especificamente, estes estudos demonstraram que, quando a informação visual é manipulada, através do movimento da sala móvel, ocorre uma indução de oscilação corporal correspondente ao fluxo óptico.

JEKA e LACKNER (1994,1995) investigaram a manipulação da informação somatossensorial no controle postural utilizando a estratégia do toque suave em uma superfície rígida e estacionária. Nestes estudos, indivíduos adultos na posição em pé tocaram a ponta do dedo indicador em uma superfície rígida estacionária, posicionada ao lado deles, em duas condições experimentais: toque ilimitado e toque limitado a 1N de força (toque suave). Nas duas situações, foi verificada uma redução significativa da oscilação corporal, comparada com a situação sem toque. Segundo os autores, no caso da situação de toque ilimitado, a redução da oscilação corporal ocorreu em virtude do suporte mecânico fornecido pela superfície. No entanto, no caso do toque limitado, a força aplicada na superfície era insuficiente para fornecer suporte mecânico

necessário para tal redução da oscilação corporal (HOLDEN, VENTURA & LACKNER, 1994), sugerindo que a atenuação da oscilação corporal foi decorrente da utilização de informação sensorial proveniente do toque do dedo na superfície estacionária (JEKA & LACKNER, 1994, 1995).

Recentemente, a principal explicação sugerida para os efeitos do toque suave na estabilização da postura indica que a informação somatossensorial adicional, obtida a partir do contato com um objeto externo, fornece um quadro de referência que é utilizado para orientação e, conseqüentemente, possibilita a estabilização da posição ereta (JEKA & LACKNER, 1994, 1995; JEKA, SCHÖNER, DIJKSTRA, RIBEIRO & LACKNER, 1997). Porém, RILEY, STOFFREGEN, MICHAEL e TURVEY (1999) sugerem que a tarefa de manter uma determinada orientação corporal e um nível de força definido em uma superfície estacionária, implica em uma restrição ao sistema, transformando a tarefa com toque suave em uma tarefa que difere daquela sem toque algum. Neste caso, a redução da oscilação corporal ocorreria por decorrência da tarefa com toque requerer um controle mais refinado da posição corporal. Entretanto, recentemente, KRISHNAMOORTHY, SLIJPER e LATASH (2002) observaram que o contato com um objeto de referência foi crucial para estabilizar a oscilação corporal enquanto a realização de uma tarefa de estabilizar o dedo no espaço não provocou qualquer redução de oscilação corporal. Estes autores, assim, sugeriram que o contato com uma superfície estacionária fornece um quadro de referência que é utilizado pelo sistema de controle postural para estabilizar a postura ereta.

Com base nestes pressupostos e considerando que a manipulação da informação visual, por meio da sala móvel, induz oscilação corporal, qual seria o comportamento do sistema de controle postural, inferido a partir da oscilação corporal, se o toque suave fosse disponibilizado durante a manipulação da informação visual? Em geral, a informação visual tem sido descrita como dominante sobre os demais canais sensoriais (e.g., WOOLLACOTT, DEBÛ & MOWATT, 1987), porém, não se sabe se tal predomínio prevalece em situações onde existe conflito sensorial. Especificamente, em uma situação na qual a informação visual é manipulada por meio de uma sala móvel, o toque suave poderia reduzir as oscilações corporais? Portanto, o objetivo deste estudo foi investigar o efeito do toque suave sobre a oscilação corporal de adultos jovens na postura de pé, em diferentes condições visuais.

Material e métodos

Participantes

Participaram deste estudo oito adultos jovens, estudantes de graduação da Universidade Estadual Paulista - Campus Rio Claro, com idade média de 21 anos ($\pm 1,8$) anos, sem qualquer comprometimento neurológico, músculo esquelético e/ou do sistema vestibular. Todos os participantes compareceram ao Laboratório para Estudos do Movimento (LEM), Departamento de Educação Física, Instituto de Biociências, UNESP - Campus Rio Claro, onde foram informados sobre os procedimentos experimentais aos quais seriam submetidos e assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido, aprovado pelo Comitê de Ética do Instituto de Biociências da UNESP - Campus Rio Claro.

Procedimentos

Os participantes foram instruídos a ficar descalços e a permanecer em pé dentro de uma “sala móvel”, em frente a uma “barra de toque”, com os braços posicionados ao lado do corpo ou tocando a barra de toque com o dedo indicador direito suavemente.

A sala móvel é constituída de uma armação de ferro, revestida por madeira, com dimensões de 2,1 x 2,1 x 2,1 m (altura, largura e comprimento). Esta sala possui rodas em sua parte inferior que são posicionadas sobre trilhos, possibilitando movimentos para frente e para trás. As paredes internas da sala são pintadas de branco com faixas em preto formando listras verticais. Na parte superior da sala (teto), aproximadamente no centro, uma lâmpada fluorescente compacta de 20 Watts permaneceu acesa durante todo o experimento, garantindo assim o mesmo nível de iluminação dentro da sala móvel entre as tentativas e entre os participantes.

O movimento da sala foi produzido e controlado por um sistema de servo-mecanismo (Compumotor), controlado por um programa específico para este fim (Compumotor - Motion

Architect for Windows). Através deste sistema de servo-mecanismo, a sala móvel foi movimentada continuamente para frente e para trás na frequência de 0,2 Hz, com amplitude de 1,0 cm e com velocidade de pico de 0,6 cm/s. A sala foi movimentada durante 60 segundos, que correspondeu à duração de cada tentativa. A frequência de movimentação da sala foi escolhida em função da frequência de 0,2 Hz corresponder à frequência natural de oscilação corporal (SOAMES & ATHA, 1982).

A barra de toque é constituída de uma superfície de contato de metal circular (4 cm de diâmetro), fixada por meio de um parafuso em um transdutor de força (Alfa Instruments - S5), suportada por um tripé com altura regulável. O transdutor de força forneceu informações sobre a força vertical aplicada na barra de toque, amplificada (300 vezes - Amplificador EMG System), com frequência de coleta de 100 Hz. A conversão dos sinais analógicos para digitais foi realizada por uma unidade do OPTOTRAK 3020 (ODAU II), a qual também possibilitou a visualização em tempo real da força vertical aplicada pelo participante sobre a barra. A força aplicada durante o toque foi limitada a 1 N (0,098 kg), para garantir que a informação fornecida pelo toque fosse essencialmente sensorial (JEKA, OIE, SCHÖNER, DIJKSTRA & HENSON, 1998).

A barra de toque foi posicionada na frente do participante a uma distância confortável para que o toque da ponta do dedo indicador direito ocorresse no centro da superfície de metal, mantendo o ângulo da articulação do cotovelo em aproximadamente 165°. A altura da barra de toque foi ajustada ao nível da articulação do quadril do participante, aproximadamente na altura do trôcanter maior. Cada indivíduo foi instruído a tocar a barra com a ponta do dedo indicador de maneira suave, sendo que, as tentativas em que a força aplicada sobre a barra excedeu 1 N foram descartadas. A FIGURA 1 apresenta uma representação esquemática da situação experimental e dos equipamentos utilizados neste estudo.

Posicionamentos das marcas:
 1) cabeça (base do occipital);
 2) entre as escápulas (altura da 6a. vértebra torácica);
 3) porção inferior do tronco (altura da 3a. vértebra lombar);
 4) parte posterior da sala móvel.

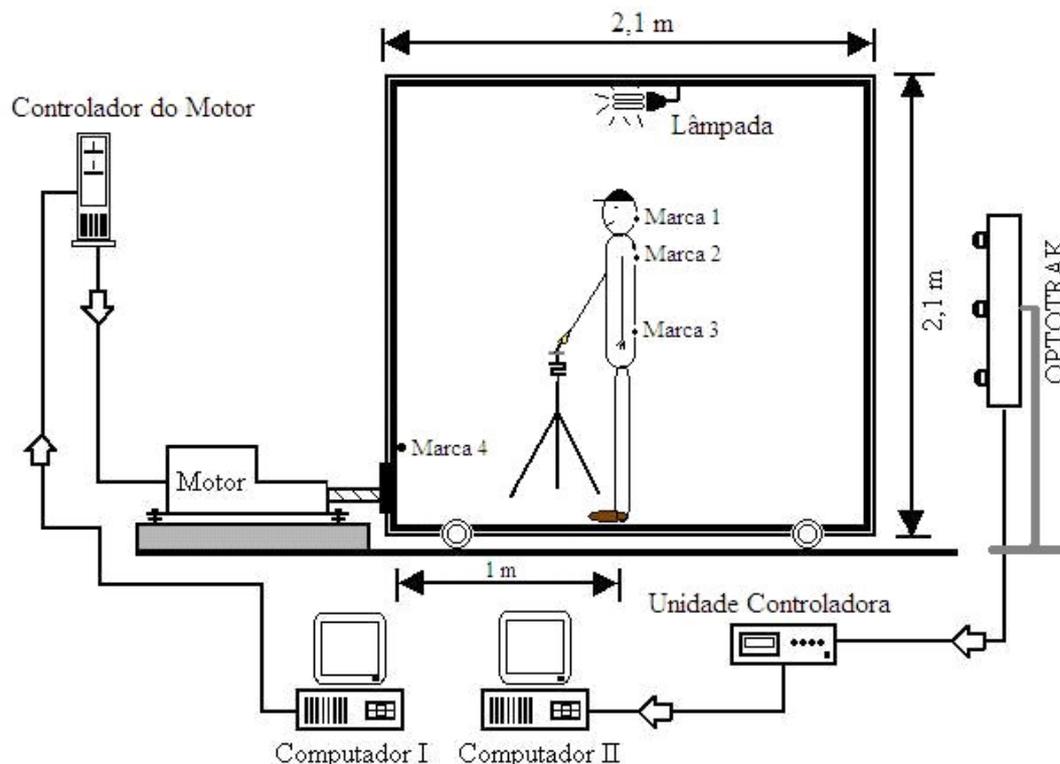


FIGURA 1 - Representação esquemática da situação experimental e dos equipamentos na condição com toque, em vista lateral.

Três emissores infravermelhos de um sistema de análise de movimento tridimensional (OPTOTRAK 3020 - Northern Digital Inc.) foram afixados nos participantes: na cabeça (base do occipital); entre as escápulas (altura da 6a. vértebra torácica); e na porção inferior do tronco (altura da 3a. vértebra lombar) para registro da oscilação corporal dos mesmos. Um outro emissor do sistema OPTOTRAK foi afixado na parte posterior da sala móvel para registro dos movimentos desta, quando movimentada. A unidade do OPTOTRAK contendo três câmeras utilizadas para captar o sinal infravermelho dos emissores foi posicionada a 3,2 m do participante, no plano frontal, porém possibilitando informação tridimensional da oscilação corporal. A frequência de aquisição destes dados foi de 100 Hz.

A distância entre o participante e a parede frontal da sala foi mantida em 1 m, sendo que a ponta dos dedos do pé ficou posicionada sobre uma fita adesiva que demarcava esta distância. Ainda, foi solicitado aos participantes, nas condições em que a visão estava disponível, que olhassem para um alvo posicionado na parede frontal da sala, o qual foi afixado na altura dos olhos de cada participante. Nas condições experimentais sem visão, o participante foi instruído a manter os olhos fechados.

O experimento testou o efeito dos fatores visão e toque sobre a oscilação corporal. Os participantes foram submetidos a seis condições experimentais, sendo combinadas as seguintes situações: com e sem visão, com e sem toque e, com e sem movimento da sala móvel, sendo distribuídas em seis condições experimentais:

- 1) Sem Visão/Sem Toque (SVST);
- 2) Sem Visão/Com Toque (SVCT);
- 3) Com Visão/Sem Toque/Sem Movimento da Sala (CVSTSM);
- 4) Com Visão/Com Toque/Sem Movimento da Sala (CVCTSM);
- 5) Com Visão/Sem Toque/Com Movimento da Sala (CVSTCM);
- 6) Com Visão/Com Toque/Com Movimento da Sala (CVCTCM).

Durante o experimento, cada participante realizou três tentativas de cada condição, totalizando 18 tentativas, divididas em três blocos de seis tentativas cada. A ordem das tentativas dentro de cada bloco foi definida por sorteio. O tempo de cada tentativa foi de 60 segundos e o intervalo entre as tentativas foi de cerca de 10 segundos e entre os blocos, de aproximadamente um minuto.

Tratamento e análise dos dados

Os dados da oscilação corporal do participante e da movimentação da sala foram analisados por meio de programas escritos em linguagem MATLAB (versão 5.3 - Math Works Inc.), adaptados de um programa original (RelPhase.box - Elaborado por T. M. H. Dijkstra).

A oscilação corporal dos participantes, com e sem a movimentação da sala, foi avaliada por meio da variável amplitude média de oscilação na direção ântero-posterior, direção que corresponde ao movimento da sala móvel. Para o cálculo da amplitude média de oscilação, um polinômio de primeira ordem foi calculado e subtraído dos sinais de cada tentativa e, então, o desvio padrão para estes valores foi calculado, obtendo um valor que corresponde à variância dos valores referentes à oscilação corporal.

Nas tentativas em que a sala foi movimentada, a indução de oscilação corporal decorrente da manipulação da informação visual foi examinada utilizando a variável ganho. Esta variável foi obtida calculando a razão entre a amplitude do espectro do movimento da oscilação corporal e a amplitude do espectro da sala móvel, na frequência em que a sala foi movimentada (0,2 Hz). Valores de ganho próximos a 1 indicam que a amplitude das oscilações corporais tem a mesma magnitude da amplitude do movimento da sala e, valores menores ou maiores que 1 indicam que a amplitude das oscilações corporais é

menor ou maior, respectivamente, que a amplitude do movimento da sala.

Análise estatística

Para investigar o comportamento da oscilação corporal dos participantes diante da movimentação da sala e a da utilização ou não da barra de toque, foram realizadas duas análises de variância (ANOVAs) (2x3), tendo como fatores as duas situações de toque (CT e ST) e as três marcas (cabeça, escápula e lombar), sendo ambos os fatores tratados como medidas repetidas. Estas ANOVAs tiveram como variáveis dependentes: o ganho e a amplitude média de oscilação. Para investigar o comportamento da oscilação corporal dos participantes na ausência de movimento da sala foi realizada uma análise de variância (ANOVA) (2 x 2 x 3), tendo como fatores as duas condições visuais (CV e SV), as duas situações de toque (CT e ST) e as três marcas (cabeça, escápula e lombar), sendo estes três fatores tratados como medidas repetidas e, tendo como variável dependente a amplitude média de oscilação. Quando necessário, testes Post hoc de Tukey foram realizados. Todas as análises estatísticas foram realizadas utilizando o programa SPSS (SPSS para Windows - versão 6.1 - SPSS), o valor de alfa foi mantido em 0,05 e todos os pressupostos para realização das análises foram preenchidos.

Resultados

Os resultados deste estudo apontaram que o toque suave em uma superfície rígida e estacionária reduziu a oscilação dos três segmentos corporais dos participantes, em todas as condições visuais. Mais ainda, o toque diminuiu a influência da informação visual produzida pelo movimento da sala móvel e a oscilação dos diferentes segmentos. Em todas as situações, o efeito do toque suave na redução da oscilação corporal foi diferente entre os três segmentos corporais.

Efeito do toque suave na oscilação dos diferentes segmentos corporais nas condições com e sem visão

A FIGURA 2 apresenta a amplitude média de oscilação corporal dos três segmentos (cabeça, escápula e lombar), nas duas condições de toque (CT e ST) e nas duas condições de visão (CV e SV). A ANOVA revelou efeito de Visão, ($F[1,7] = 11,56$, $p < 0,01$), Toque, ($F[1,7] =$

$59,06$, $p < 0,001$), e Segmento, ($F[2,14] = 153,35$, $p < 0,001$). Finalmente, a ANOVA indicou interação entre Visão e Toque, ($F[1,7] = 7,79$, $p < 0,05$), Visão e Segmento, ($F[2,14] = 4,76$, $p < 0,05$), Toque e Segmento, ($F[2,14] = 46,61$, $p < 0,001$), e Visão, Toque e Segmento, ($F[2,14] = 9,43$, $p < 0,005$).

Testes post hoc indicaram que em ambas as condições visuais (CV e SV), o toque reduziu a oscilação dos três segmentos corporais. Contudo, esta redução foi diferente entre os segmentos corporais frente às diferentes condições de toque (CT e ST). Na ausência de toque na barra, a cabeça apresentou oscilação maior que a região lombar. Por outro lado, na condição de toque, a oscilação da cabeça foi maior que a oscilação da escápula e da lombar, sendo que estas duas apresentaram oscilação similar. Finalmente, testes post hoc indicaram que a cabeça, na ausência do toque na barra, oscilou mais na condição sem visão do que na condição com visão.

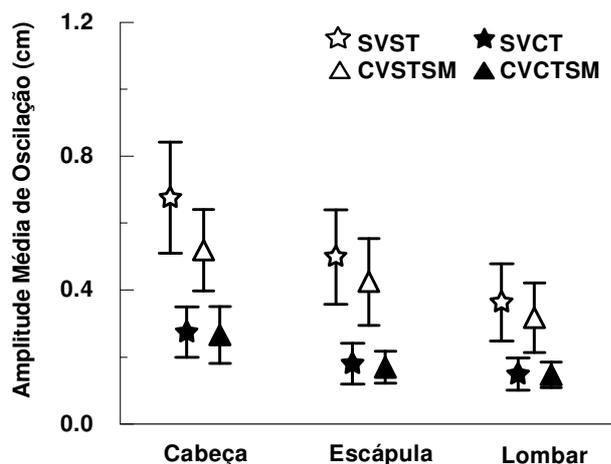


FIGURA 2 - Médias e desvios padrão da amplitude média de oscilação corporal dos segmentos cabeça, escápula e lombar, nas duas condições de toque (CT e ST) e nas duas condições de disponibilidade visual (CV e SV).

Efeito do toque suave na oscilação corporal e sua relação com o movimento da sala

Quando os participantes foram submetidos à situação experimental da sala móvel, as oscilações corporais dos três segmentos foram induzidas pelo movimento da sala. Contudo, esta influência da sala móvel sobre a oscilação

corporal dos participantes foi diferente para os segmentos corporais e nas condições de toque suave. A FIGURA 3 apresenta exemplos de séries temporais do movimento da sala e da oscilação corporal dos três segmentos na condição sem toque. A FIGURA 4 apresenta exemplos de séries temporais do movimento da sala e da oscilação dos três segmentos na condição com toque.

Linhas finas indicam o movimento da sala e linhas grossas a oscilação corporal do participante.

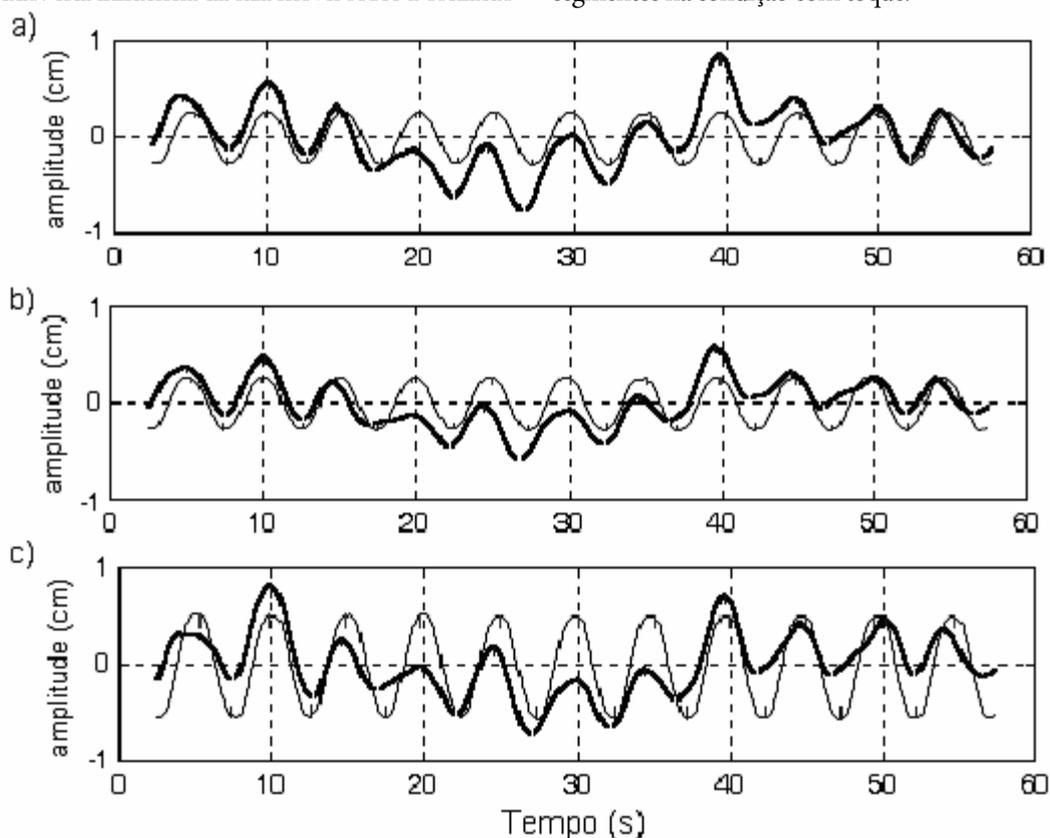


FIGURA 3 - Exemplos de séries temporais de um participante ao longo de uma tentativa mostrando o movimento da sala e a oscilação corporal do segmento cabeça (painel a), segmento escápula (painel b) e segmento lombar (painel c) na condição sem toque (ST).

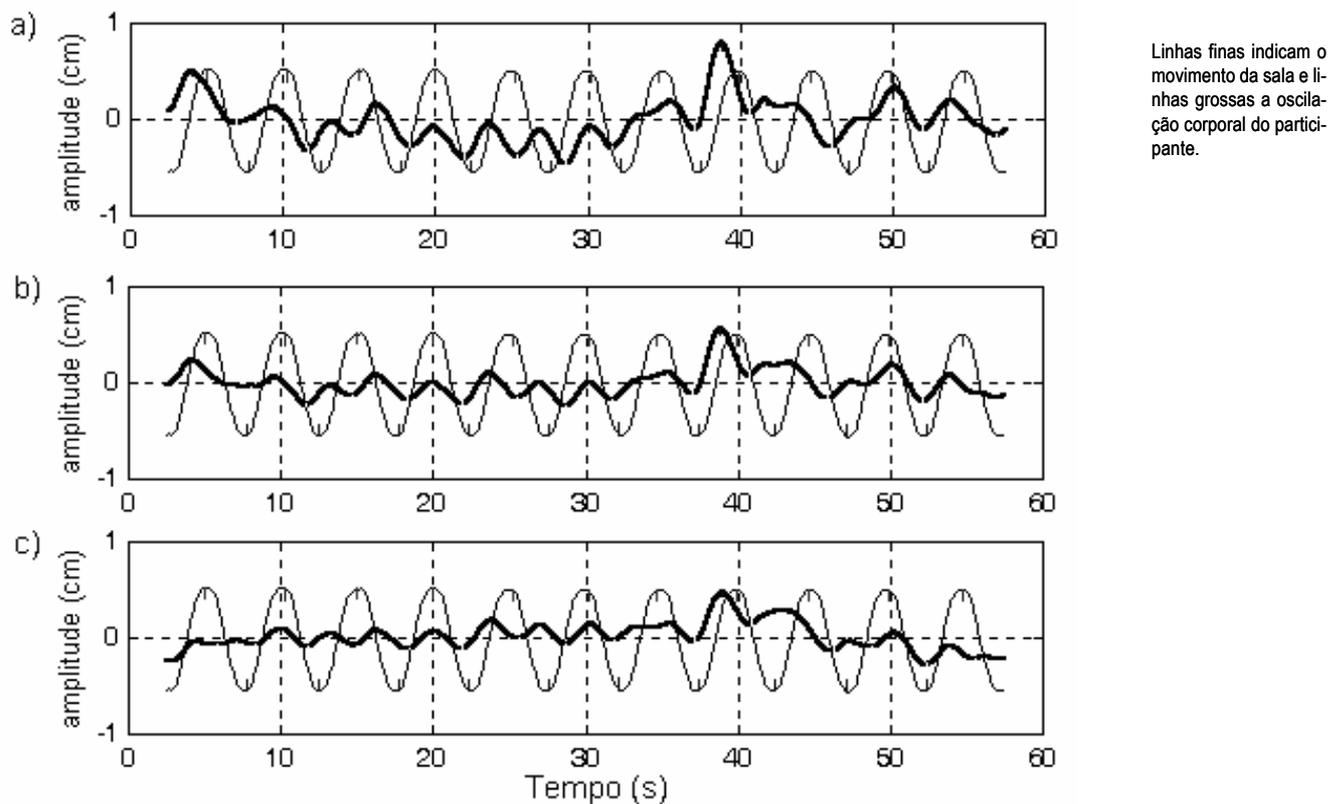


FIGURA 4 - Exemplos de séries temporais de um participante ao longo de uma tentativa mostrando o movimento da sala e a oscilação corporal do segmento cabeça (painel a), segmento escápula (painel b) e segmento lombar (painel c) na condição com toque (CT).

Na condição sem toque na barra, os participantes apresentaram oscilação corporal correspondente ao movimento da sala móvel. Contudo, o efeito do movimento da sala móvel nesta oscilação corporal foi reduzido quando os participantes tocaram suavemente a

barra de toque. O efeito do toque suave e do movimento da sala móvel sobre a oscilação corporal dos participantes pode ser melhor visualizado na FIGURA 5, que apresenta os valores médios da amplitude média de oscilação dos três segmentos, nas condições de toque e sem toque.

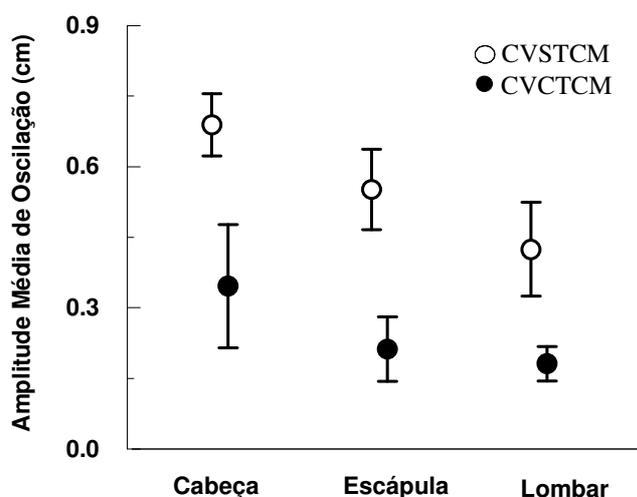


FIGURA 5 - Médias e desvios padrão da amplitude média de oscilação corporal dos segmentos cabeça, escápula e lombar, nas duas condições de toque (CT e ST) durante o movimento da sala móvel.

A ANOVA revelou efeito de Toque, ($F[1,7] = 105,15$, $p < 0,001$), e Segmento, ($F[2,14] = 54,0$, $p < 0,001$), para a variável amplitude média de oscilação, mas nenhuma interação entre Toque e Segmento, ($F[2,14] = 2,87$, $p > 0,05$). Na condição com toque, a oscilação corporal foi menor do que na condição sem toque para todos os segmentos

corporais. Ainda, testes post hoc indicaram que a cabeça oscilou mais que a escápula e a lombar.

Finalmente, o toque suave reduziu a influência do movimento da sala móvel na oscilação corporal dos participantes. A FIGURA 6 apresenta o ganho entre o movimento da sala e a oscilação dos três segmentos corporais, nas condições de toque e sem toque.

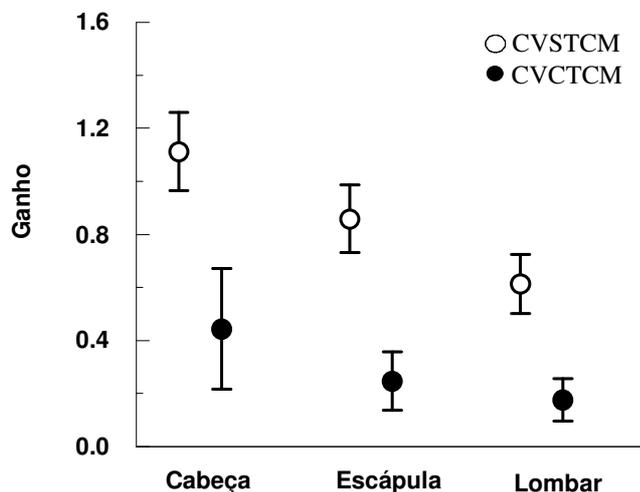


FIGURA 6 - Médias e desvios padrão do ganho entre o movimento da sala e a oscilação dos segmentos cabeça, escápula e lombar, nas duas condições de toque (CT e ST).

A ANOVA revelou efeito de Toque, ($F[1,7] = 111,63$, $p < 0,001$), Segmento, ($F[2,14] = 74,23$, $p < 0,001$), e interação entre Toque e Segmento, ($F[2,14] = 3,73$, $p = 0,05$). Testes post hoc indicaram que, na condição sem toque, a cabeça foi mais influenciada pelo movimento da sala do que a escápula e a lombar,

sendo também, a escápula mais influenciada que a lombar nesta mesma situação. Entretanto, quando os participantes tocaram suavemente a barra, a cabeça foi mais influenciada pelo movimento da sala móvel do que a escápula e a lombar e nenhuma diferença foi observada entre a escápula e a lombar.

Discussão

O presente estudo buscou investigar o efeito do toque suave sobre a oscilação corporal de adultos jovens, em diferentes segmentos corporais e em diferentes condições visuais. A partir dos resultados obtidos neste estudo, verificou-se que o toque suave reduziu a oscilação corporal em todas as situações visuais e diminuiu a influência do estímulo visual proveniente da oscilação da sala móvel. Ainda, os resultados indicaram que a determinação do peso das informações sensoriais utilizadas pelo sistema de controle postural depende do contexto da tarefa realizada. Diante disto, alguns aspectos relevantes serão discutidos a seguir.

Primeiramente, foi observado que independentemente da disponibilidade da informação visual, o toque suave reduz a oscilação corporal. Estes

resultados corroboram os resultados de estudos prévios (CLAPP & WING, 1999; JEKA & LACKNER, 1994, 1995). Ainda, este efeito do toque foi verificado para todos os segmentos corporais. Esta redução da oscilação corporal indica que a informação somatossensorial adicional fornecida através do toque suave é utilizada como uma referência de orientação externa para a melhora do controle da postura (JEKA & LACKNER, 1994, 1995; JEKA et al., 1997). Segundo JEKA e LACKNER (1995), a relação observada entre a oscilação corporal e o padrão de forças na ponta do dedo indica que os indivíduos utilizam mudanças leves na força de contato do dedo para obter informação sobre a direção da oscilação corporal, a qual permite atenuação da oscilação através de ativação muscular postural apropriada.

Ainda, a disponibilidade ou não do toque suave induziu diferentes comportamentos dos segmentos corporais. Nas condições em que o toque estava disponível, a escápula e a lombar oscilaram de maneira similar, enquanto que, a cabeça oscilou mais que os dois segmentos. Nas condições sem toque, o segmento cabeça apresentou apenas uma maior oscilação que o segmento lombar, e este uma oscilação maior que a escápula. Assim, na condição sem toque, os segmentos exibem um comportamento de pêndulo invertido simples. Já, na condição com toque, estes segmentos exibem um comportamento de pêndulo multissegmentar. Neste caso, com a adição do toque utilizando o membro superior, esta informação fornece referência para um controle mais efetivo do segmento tronco e a cabeça passa a ter um comportamento mais independente do tronco. Quando esta referência não está presente, esta dissociação em dois segmentos (cabeça e tronco) não ocorre, sendo que o tronco e a cabeça parecem manter comportamento como um segmento único. Sendo assim, parece que com a adição de uma informação somatossensorial, ocorre alteração no relacionamento entre os segmentos corporais, indicando diferente padrão coordenativo entre os segmentos durante a manutenção da posição em pé ereta. Nesta situação, os participantes parecem ter adotado uma estratégia de congelamento dos graus de liberdade para o ajuste do sistema de controle postural.

Além disso, todos estes efeitos verificados em função da utilização do toque suave parecem indicar que a utilização da informação sensorial pelo sistema de controle postural é dependente do contexto em que determinada tarefa é realizada, principalmente, em relação à disponibilidade de informações sensoriais. Sendo assim, de forma generalizada não é possível sugerir qualquer predominância de uma fonte sensorial sobre as demais, pois parece que a predominância ocorre de diferentes maneiras em função de situações específicas. Por exemplo, manipulação da informação visual, proveniente da movimentação de uma sala móvel, induz oscilação corporal correspondente (LISHMAN & LEE, 1973), indicando que a visão sobrepõe nesta condição, os demais canais sensoriais (vestibular e somatossensorial). Entretanto, quando informação somatossensorial é aumentada, por exemplo, por meio de um contato com uma superfície estática, a influência da manipulação visual é diminuída. Nesta situação específica, a informação somatossensorial sobrepõe a manipulação da informação visual.

A redução do efeito da movimentação da sala na oscilação corporal na condição em que há disponibilidade do toque suave, demonstrada pela diminuição do ganho nos três segmentos, indica que o sistema de controle postural parece designar pesos diferentes às informações sensoriais disponíveis, conforme sugerido por Jeka e colaboradores (JEKA, OIE & KIEMEL, 2000). Neste caso, o sistema foi sensível o suficiente para resolver o conflito sensorial inclusive entre informações sensoriais dinâmicas e estáticas (informação visual e somatossensorial, respectivamente). No entanto, uma das questões a ser respondida, é como o sistema de controle postural combina estas diferenças entre informações sensoriais para estimar e controlar a posição corporal.

A questão que surge, portanto, é como o sistema de controle postural determina qual informação sensorial é relevante para a manutenção da postura. Por exemplo, no caso em que a informação visual foi manipulada na situação da sala móvel e sem a presença do toque, mesmo sendo uma situação ilusória, a oscilação corporal foi mais influenciada do que nas condições sem movimento da sala e sem informação visual. Estes resultados sugerem que o sistema de controle postural não consegue ignorar uma informação sensorial disponível, mesmo que esta informação indique uma situação ilusória. Neste caso, parece que um aspecto crucial para que estas situações de conflito e ilusão sejam resolvidas é a exposição repetitiva às mesmas condições, quando o sistema parece aprender a ignorar a informação errônea (BARELA, GODOI, FREITAS JÚNIOR & POLASTRI, 2000). Além disso, quando há a disponibilidade de uma informação sensorial adicional, como no caso deste estudo, de uma superfície rígida estacionária, a influência da informação visual incongruente com a informação somatossensorial é diminuída. Deste modo, o processo de integração sensorial envolve diminuir o peso de informações disponíveis, porém irrelevantes ou que indicam situações errôneas, e aumentar o peso de outras que indicam situações corretas e, portanto, mais relevantes para a ação a ser realizada (JEKA, OIE & KIEMEL, 2000). Assim, a contribuição de cada canal sensorial depende do contexto e da informação que cada um fornece para aquela situação. Mais ainda, nossos resultados indicam que neste processo nenhum canal sensorial predomina sobre os demais a priori, mas que em condições específicas esta predominância de um ou outro canal sensorial pode ocorrer, visando um adequado funcionamento do sistema de controle postural.

Em resumo, a informação somatossensorial proveniente do toque suave em uma superfície fornece uma referência externa ao sistema de controle postural que é utilizada para reduzir a oscilação corporal de adultos jovens na postura ereta. Mais ainda, esta referência proveniente do toque suave pode inclusive sobrepor os efeitos da manipulação da informação visual através da sala móvel no controle postural, indicando um dinâmico relacionamento entre as informações sensoriais disponíveis e utilizadas para o

controle de uma dada ação motora. Por exemplo, na situação experimental deste estudo, a informação somatossensorial fornecida pelo toque suave em uma superfície estacionária sobrepõe a manipulação da informação visual, sendo assim, preponderante para o sistema de controle postural. Deste modo, a utilização das informações sensoriais pelo sistema de controle postural depende do contexto e da relevância das informações disponíveis para que o objetivo da tarefa seja alcançado.

Abstract

Light touch and visual information effects on upright stance control in adults

Somatosensory information, provided by light touch to a contact surface, reduces body oscillation. However, it is unknown the effect of light touch in situations which visual information is manipulated by a moving room. Therefore, the purpose of this investigation was to verify the light touch effect on adults' body oscillation in different visual conditions. Eight adults stood upright inside a moving room nearby a touch bar. IRED markers were placed on the participant's head, between the scapulas and lumbar region. Six experimental conditions were combined: with and without vision, with and without light touch contact and with and without room oscillation. Each trial lasted 60 seconds with a sampling rate of 100 Hz. The variables analyzed were mean sway amplitude and gain. The results revealed that light touch contact reduced body oscillation in all visual conditions and decreased the visual stimulus influence provided by the room oscillation. Therefore, in situations that the visual stimulus is manipulated by a moving room, light touch contact reduces body oscillation indicating that, in this experimental situation, somatosensory information overcomes information provided by the visual system.

UNITERMS: Body oscillation; Visual information, Somatosensory information.

Referências

- BARELA, J.A. Estratégias de controle em movimentos complexos: Ciclo percepção-ação no controle postural. *Revista Paulista de Educação Física*, São Paulo, p.79-88, 2000. Suplemento 3.
- BARELA, J.A.; GODOI, D.; FREITAS JÚNIOR, P.B.; POLASTRI, P.F. Visual information and body sway coupling in infants during sitting acquisition. *Infant Behavior & Development*, Norwood, v.23, p.285-97, 2000.
- CLAPP, S.; WING, A.M. Light touch contribution to balance in normal bipedal stance. *Experimental Brain Research*, Berlin, v.125, p.521-4, 1999.
- FREITAS JÚNIOR, P.B.; BARELA, J.A. Postural control as a function of self- and object-motion perception. *Neuroscience Letters*, Amsterdam, v.369, p.64-8, 2004.
- HOLDEN, M.; VENTURA, J.; LACKNER, J.R. Stabilization of posture by precision contact of the index finger. *Journal Vestibular Research*, New York, v.4, p.285-301, 1994.
- HORAK, F.B., MacPHERSON, J.M. Postural orientation and equilibrium. In: ROWELL, L.B.; SHEPHERD, J.T. (Eds.). *Handbook of physiology*. New York: Oxford University Press, 1996. p.255-92.
- JEKA, J.J.; LACKNER, J.R. Fingertip contact influences human postural control. *Experimental Brain Research*, Berlin, v.100, p.495-502, 1994.
- _____. The role of haptic cues from rough and slippery surfaces in human postural control. *Experimental Brain Research*, Berlin, v.103, p.267-76, 1995.

- JEKA, J.J.; OIE, K.S.; KIEMEL, T. Multisensory information for human postural control: integrating touch and vision. **Experimental Brain Research**, Berlin, v.134, p.107-25, 2000.
- JEKA, J.J.; OIE, K.; SCHÖNER, G.; DIJKSTRA, T.; HENSON, E. Position and velocity coupling of postural sway to somatosensory drive. **Journal of Neurophysiology**, Washington, v.79, n.4, p.1661-74, 1998.
- JEKA, J.J.; SCHÖNER, G.; DIJKSTRA, T.; RIBEIRO, P.; LACKNER, J.R. Coupling of fingertip somatosensory information to head and body sway. **Experimental Brain Research**, Berlin, v.113, p.475-83, 1997.
- KRISHNAMOORTHY, V.; SLIJPER, H.; LATASH, M.L. Effects of different types of light touch on postural sway. **Experimental Brain Research**, Berlin, v.147, p.71-9, 2002.
- LEE, D.N.; LISHMAN, J.R. Visual proprioceptive control of stance. **Journal of Human Movement Studies**, London, v.1, p.87-95, 1975.
- LISHMAN, J.R.; LEE, D.N. The autonomy of visual kinaesthesia. **Perception**, London, v.2, n.3, p.287-94, 1973.
- POLASTRI, P.F.; BARELA, J.A. Perception-action coupling in infants with Down syndrome: effects of experience and practice. **Adapted Physical Activity Quarterly**, Champaign, v.22, p.39-56, 2005.
- RILEY, M.A.; STOFFREGEN, T.A.; MICHAEL, J.G.; TURVEY, M.T. Postural stabilization for the control of touching. **Human Movement Science**, Amsterdam, v.18, p.795-817, 1999.
- SCHÖNER, G. Dynamic theory of action-perception patterns: the “moving room” paradigm. **Biological Cybernetics**, Berlin, v.64, p.455-62, 1991.
- SOAMES, R.W.; ATHA, J. The spectral characteristics of postural sway behavior. **European Journal of Applied Physiology**, Heidelberg, v.49, n.2, p.169-77, 1982.
- STREEPEY, J.W.; ÂNGULO-KINZLER, R.M. The role of task difficulty in the control of dynamic balance in children and adults. **Human Movement Science**, Amsterdam, v.21, p.423-38, 2002.
- WOOLLACOTT, M.; DEBÛ, B.; MOWATT, M. Neuromuscular control of posture in the infant and child: Is vision dominant? **Journal of Motor Behavior**, Washington, v.19, p.167-86, 1987.

ENDEREÇO

Thatia Regina Bonfim
Laboratório para Estudos do Movimento
Departamento de Educação Física
Universidade Estadual Paulista
Av. 24-A, 1515 - Bela Vista
13506-900 - Rio Claro - SP - BRASIL

Recebido para publicação: 24/01/2006
Revisado: 10/08/2006
Aceito: 29/08/2006