

MECANISMOS DE AJUSTES POSTURAIIS FEEDBACK E FEEDFORWARD EM IDOSOS*

DANIELA GODOI

Mestranda em Ciências da Motricidade
Instituto de Biociências – Unesp/Rio Claro-SP
E-mail: dangod@rc.unesp.br

Dr. JOSÉ ANGELO BARELA**

Departamento de Educação Física – Instituto de Biociências – Unesp/Rio Claro-SP
E-mail: jbarela@rc.unesp.br

RESUMO

O objetivo deste estudo foi examinar os mecanismos de ajustes posturais feedback e feedforward durante a manutenção da postura ereta em idosos. Cinco adultos jovens e cinco idosos mantiveram a posição em pé estática, com os olhos fechados, sobre uma plataforma de força, com um peso nas mãos e um emissor infravermelho afixado nas costas em duas condições experimentais: externamente imposta e iniciativa própria. Os resultados revelaram diferença entre os grupos e entre as condições. A amplitude de deslocamento foi menor em idosos que em adultos jovens e maior na condição externamente imposta para ambos os grupos. Análise da oscilação corporal indicou que a menor amplitude de deslocamento ocorreu em razão da utilização de estratégias comportamentais diferentes por adultos jovens e idosos.

PALAVRAS-CHAVE: Controle postural; feedforward; feedback; idosos.

* Os autores agradecem a Paulo Barbosa de Freitas Júnior pelo auxílio na parte experimental deste estudo, bem como em discussões de vários tópicos; à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp), pelo suporte financeiro (processos n. 97/06137-3 e 99/08045-4); ao Projeto de Extensão "Atividade Física para a Terceira Idade" e a todos os participantes pela colaboração.

** Financiado pela Fapesp – Categoria Jovem Pesquisador – processo n. 97/06137-3

INTRODUÇÃO

Ao longo do processo desenvolvimental, várias mudanças são observadas e, após muitos anos, conferem aos idosos características próprias e particulares. Essas alterações podem ser fisiológicas, anatômicas, psicológicas e comportamentais. Entre tais alterações, podem ser citadas a menor densidade óssea (tornando-os mais vulneráveis a fraturas), a perda da flexibilidade (Spirduso, 1995), a redução de força (Alexander, 1994) e alcance de movimento (Rogatto, 1998), uma maior lentidão para planejar e executar movimentos coordenados (Spirduso, 1995) e, durante a manutenção da postura estática em pé, uma maior extensão (Era, Heikkinen, 1985), amplitude (Era, Heikkinen, 1985; Spirduso, 1995; Panzer, Bandinelli, Hallett, 1995; Ferraz, Barela, Pellegrini, 2001) e frequência de oscilação corporal (Shumway-Cook, Woollacott, 1995). Em virtude dessas alterações os idosos apresentam um controle postural alterado em relação aos adultos jovens, podendo ter como consequência mais comum o elevado número de quedas verificado para os idosos (Horak, Shupert, Mirka, 1989). Há registros de que as mortes decorrentes de quedas na população acima de 80 anos são quase tão altas quanto as decorrentes de acidentes de automóveis, na população de 15 a 29 anos (Winter, 1995).

Em decorrência deste controle postural alterado e, principalmente, de suas consequências, entender os motivos dessas alterações comportamentais parece ser necessário e vários são os estudos que têm sugerido explicações para tais alterações (Alexander, 1994; Spirduso, 1995; Gu et al., 1996; Maki et al., 1999). Entre as várias explicações são citadas as alterações sensoriais, alterações motoras ou alterações na interação entre elas, uma vez que incapacidade para ajustar as informações aferentes com as eferentes tem sido constatada nessa faixa etária (Seidler, Stelmach, 1995). Outra possível explicação para essas alterações seria a utilização de estratégias diferentes por parte dos idosos, como reportado em alguns estudos recentes (Ferraz, Barela, Pellegrini, 2001; Okada et al., 2001).

Panzer, Bandinelli, Hallett (1995), por exemplo, encontraram maiores amplitudes de movimentos em idosos durante a manutenção da postura ereta estática e sugeriram que isso poderia ocorrer em virtude da utilização de diferentes estratégias a fim de manter o equilíbrio. Assim, os idosos apresentariam mudanças nas respostas posturais utilizadas pelo sistema de controle postural para corrigir perturbações e, dessa forma, manter a posição postural desejada (Collins et al., 1995). Há também estudos que constataram, em idosos, uma maior movimentação articular no quadril e, em adultos jovens, uma maior movimentação articular no tornozelo durante a manutenção da postura ereta (Okada et al., 2001). Assim, parece que os idosos utilizam predominantemente a estratégia de quadril ao passo que os adultos

jovens privilegiam a de tornozelo (Manchester et al., 1989). Essas estratégias comportamentais são utilizadas pelo indivíduo para minimizar os efeitos de perturbações e, assim, restabelecer o equilíbrio. A estratégia de tornozelo caracteriza-se por reposicionar o centro de massa por meio do movimento do corpo todo como um pêndulo invertido de segmento único através de torque produzido ao redor da articulação do tornozelo; ao passo que a estratégia de quadril move o corpo como um pêndulo invertido de segmento duplo através do movimento do tornozelo e quadril (Runge et al., 1999).

Além de estratégias comportamentais, o controle postural também envolve diferentes mecanismos de controle, tais como os mecanismos de ajuste postural compensatório (*feedback*) e antecipatório (*feedforward*). O mecanismo *feedback* é desencadeado quando da ocorrência de perturbações do equilíbrio decorrentes de forças externas inesperadas (Dufossé et al., 1985). Nesse caso, os sistemas sensoriais fornecem informações acerca da natureza do distúrbio que são utilizadas para que uma resposta apropriada seja desencadeada (Horak, Macpherson, 1996). O mecanismo *feedforward*, por sua vez, é desencadeado quando a perturbação é causada pelos movimentos do próprio indivíduo. Ele é assim chamado pois o seu início ocorre antes da perturbação da postura e do equilíbrio (Massion, 1992) e resulta em ajustes que precedem e acompanham o movimento focal com o intuito de contrapor-se aos esperados efeitos mecânicos da perturbação, mantendo a estabilidade (Ghez, 1991; Horak, Macpherson, 1996; Aruin et al., 1998).

Haas, Diener, Rapp e Dichgans (1989) observaram que o sistema de controle postural utiliza inicialmente o mecanismo *feedback*, posteriormente, passa a utilizar o mecanismo *feedforward* e, então, esses dois mecanismos continuam a desenvolver-se ao longo da infância. Além de surgirem em épocas diferentes, esses mecanismos também se desenvolvem de maneira diferenciada ao longo dos anos. Hay e Redon (1999), por exemplo, observaram que o mecanismo *feedforward* não se desenvolve de maneira monótona ao longo dos primeiros anos de vida como ocorre com o mecanismo *feedback*. Enquanto nenhuma diferença foi verificada para o mecanismo *feedback* em crianças de 3 a 10 anos e adultos na manutenção da postura ereta, apenas crianças acima de 8 anos apresentaram um funcionamento do mecanismo *feedforward* semelhante ao funcionamento observado em adultos.

Em virtude de o mecanismo *feedforward* apresentar um funcionamento diferenciado em crianças de diferentes faixas etárias e adultos, torna-se pertinente questionar: como este mecanismo se apresenta em idosos? O funcionamento do mecanismo *feedforward* apresenta alterações no final do ciclo desenvolvimental, da mesma forma como observado nos primeiros anos de vida? Em alguns estudos alterações no mecanismo *feedforward* em idosos têm sido observadas (Woollacott,

Manchester, 1993; Ferraz, 1999). Os idosos parecem não ser capazes de captar informações ambientais e utilizá-las de maneira antecipatória (Ferraz, 1999). Woollacott e Manchester (1993) observaram que os idosos não apresentam os mecanismos *feedforward* ou estes são atrasados e, assim, concluíram que esses mecanismos são alterados em idosos. Entretanto, poucos estudos têm sido realizados no sentido de verificar ambos os mecanismos (*feedback* e *feedforward*) em idosos. Dessa forma, o presente estudo tem por objetivo examinar os mecanismos *feedback* e *feedforward* em idosos durante a manutenção da postura ereta.

MATERIAL E MÉTODO

Participantes

Participaram deste estudo 5 adultos jovens (sexo feminino) com média de idade de 21,0 anos ($\pm 1,22$ ano) e cinco idosos (3 do sexo feminino e 2 do sexo masculino) com média de idade de 60,6 anos ($\pm 3,21$ anos), que constituíram, respectivamente, o Grupo Adulto Jovem (GAJ) e o Grupo Idoso (GI). Os participantes do GI foram recrutados na comunidade da cidade de Rio Claro e os participantes do GAJ pertenciam à comunidade acadêmica do *campus* de Rio Claro e, após um convite, concordaram em participar no estudo.

Procedimentos

Os participantes foram trazidos ao Laboratório para Estudos do Movimento (LEM) do Departamento de Educação Física, Instituto de Biociências, da Universidade Estadual Paulista, *campus* de Rio Claro, informados a respeito dos procedimentos e objetivos do estudo e, em seguida, assinaram um termo de consentimento e participação no estudo. Após um período de adaptação foi solicitado que ficassem descalços e se posicionassem sobre uma plataforma de força (Kistler – Mod. 9286A), com o antebraço paralelo ao solo e o braço perpendicular ao antebraço, segurando um peso em suas mãos. Esse peso era constituído de um saquinho contendo pequenos pesos de chumbo que totalizaram 1,6 kg (variando de 1,5% a 3,5% do peso corporal dos participantes). Os participantes tiveram seus olhos vendados e um emissor infravermelho de um sistema de análise de movimento (Optotrak 3020 – 3D Motion Measurement System, NDI) foi afixado em suas costas, aproximadamente na região das vértebras lombares.

O experimentador esteve posicionado cerca de 40 cm à frente do participante ao longo de todo o experimento para auxiliá-lo quando necessário. Os parti-

participantes foram submetidos a duas condições experimentais, que refletiram duas situações de perturbação do equilíbrio: externamente imposta (*feedback*) e de iniciativa própria (*feedforward*). Na condição de iniciativa própria, o participante soltou o peso após ouvir um sinal sonoro e o experimentador amparou o peso, evitando assim que ele caísse no chão ou nos pés do participante. Na condição externamente imposta, o peso foi repentinamente retirado das mãos do participante pelo experimentador. Os participantes foram previamente informados sobre qual condição realizariam e foram instruídos para que mantivessem a postura ereta o mais estático possível antes e após a soltura ou a retirada do peso.

Cada participante realizou 10 tentativas, 5 em cada condição. A tentativa era iniciada quando o participante se encontrava em uma posição equilibrada e teve a duração de 10 s. Cerca de 4 s após o início da tentativa um sinal sonoro foi emitido, caso a condição fosse de iniciativa própria, ou o peso foi retirado pelo experimentador, caso fosse externamente imposta. O intervalo entre uma tentativa e outra foi de aproximadamente 15 s e a ordem das tentativas foi aleatória.

Análise dos dados

A partir da plataforma de força e do Optotrak foram obtidos o centro de pressão (CP) e a oscilação corporal (OC), respectivamente, e analisados através de um programa escrito em Matlab (Versão 5.3 – Math Works, Inc.) especialmente para este estudo. De um total de 100 tentativas, 3 tentativas (de sujeitos diferentes) não puderam ser analisadas em virtude de perda dos sinais provenientes dos emissores infravermelhos. Inicialmente os dados foram filtrados utilizando um filtro digital Butterworth com uma frequência de corte de 5 Hz e, após este processo, as variáveis amplitude e tempo de deslocamento foram computadas na direção ântero-posterior. A amplitude de deslocamento correspondeu à distância entre o início e o final do deslocamento posterior do centro de pressão. O tempo de deslocamento correspondeu ao intervalo temporal entre a retirada ou soltura do peso e o final do deslocamento posterior do centro de pressão.

Análise estatística

Para a análise estatística foi realizada uma Manova (2x2) tendo como fatores grupos e condições, sendo este último tratado como medidas repetidas, e tendo como variáveis dependentes a amplitude e o tempo de deslocamento. Tendo a Manova apontado diferença significativa, testes univariados foram realizados. Em todas as análises o índice de significância foi mantido em 0,05.

RESULTADOS

Os resultados obtidos neste estudo sugerem que os participantes de ambos os grupos apresentaram respostas posturais diferentes dependendo da condição experimental a que foram submetidos. A figura 1 apresenta uma tentativa ilustrativa de um participante adulto jovem (Fig. 1a) e de um participante idoso (Fig. 1b) para cada condição. Como pode ser observado a partir da trajetória do centro de pressão, os mecanismos de ajustes posturais desencadeados são diferenciados quando a perturbação é imposta externamente ou quando é causada pelos próprios movimentos do indivíduo tanto para o GAJ quanto para o GI; embora este último tenha apresentado menores amplitudes de deslocamento e maior variabilidade após a soltura ou retirada do peso.

De forma geral, pode-se notar que, quando o participante foi submetido à perturbação externamente imposta, suas respostas posturais resultaram em um deslocamento anterior, seguido de um abrupto deslocamento posterior do centro de pressão, o que caracteriza um mecanismo de ajuste postural denominado de mecanismo compensatório (*feedback*). Em contrapartida, quando a perturbação foi gerada pelos próprios movimentos do participante, as respostas iniciaram por volta de 30 milésimos de segundo antes da própria perturbação e, em decorrência desta antecipação à perturbação, não ocorreu o deslocamento anterior do centro de pressão e o deslocamento posterior deste foi visivelmente mais tênue e com menor amplitude de deslocamento quando comparado à primeira condição, caracterizando o que se denomina mecanismo antecipatório (*feedforward*). Des-

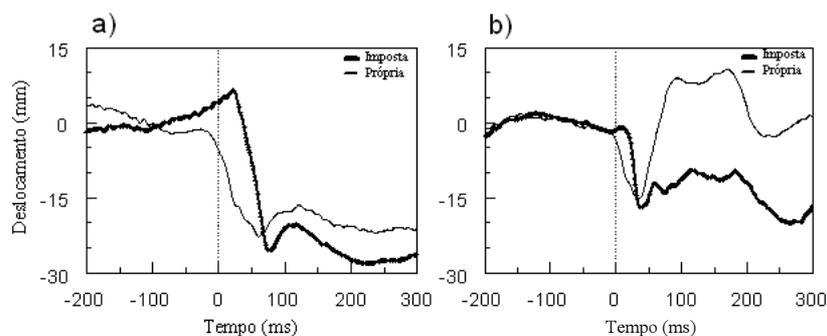


FIGURA 1: Deslocamento ântero-posterior do centro de pressão de uma tentativa na condição externamente imposta (linha grossa) e de uma tentativa na condição de iniciativa própria (linha fina) de um participante do GAJ (a) e de um participante do GI (b), 200 ms antes e 300 ms após a perturbação.

Nota: A linha tracejada vertical indica o momento de soltura ou retirada do peso.

sa forma, embora com um comportamento bem mais variado que o GAJ, o GI apresentou respostas posturais diferenciadas entre uma condição e outra comprovando a utilização tanto do mecanismo de ajuste postural *feedback* quanto do *feedforward*.

A figura 2 apresenta a amplitude e o tempo de deslocamento do centro de pressão para ambos os grupos nas duas condições experimentais. A Manova revelou diferença significativa entre os grupos (Wilk's Lambda=0,36, $F(2,7)=5,97$, $p<0,05$) e entre as condições (Wilk's Lambda=0,19, $F(2,7)=14,81$, $p<0,01$). Testes univariados mostraram que, entre os grupos, o GAJ apresentou maior amplitude de deslocamento do centro de pressão que o GI ($F(1,8)=10,28$, $p<0,05$) e, em relação às condições experimentais, a condição externamente imposta apresentou maior amplitude de deslocamento do centro de pressão quando comparada com a condição de iniciativa própria ($F(1,8)=31,07$, $p<0,01$), como pode ser observado na figura 2a. Nenhuma diferença estatística foi encontrada para a variável tempo de deslocamento (Fig. 2b), tanto entre os grupos ($F(1,8)=0,08$, $p>0,05$) quanto entre as condições ($F(1,8)=1,49$, $p>0,05$).

A menor amplitude de deslocamento verificada para o GI quando comparado ao GAJ foi um resultado inesperado. Tendo em vista as alterações do controle postural observadas em idosos, era esperado que os idosos apresentassem uma maior variação do centro de pressão após a perturbação da postura ereta. Diante deste resultado, buscou-se verificar como os idosos conseguiram este desempenho surpreendente durante a manutenção da postura ereta. Para isso, os dados referentes às oscilações corporais foram observados juntamente com os dados do centro de pressão e, ao fazer isso, foi possível observar um comportamento distinto entre

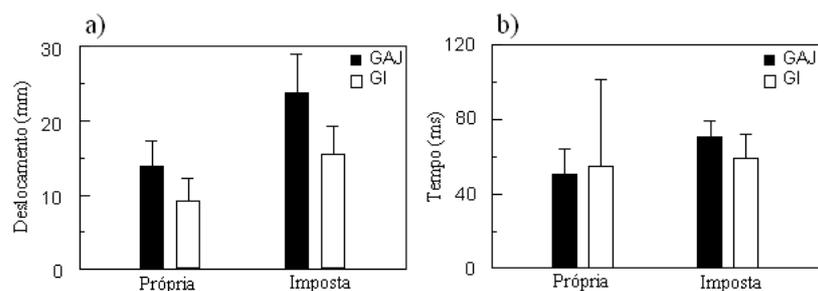


FIGURA 2: Médias e desvios-padrão da amplitude (a) e do tempo (b) de deslocamento do centro de pressão para ambos os grupos nas duas condições experimentais.

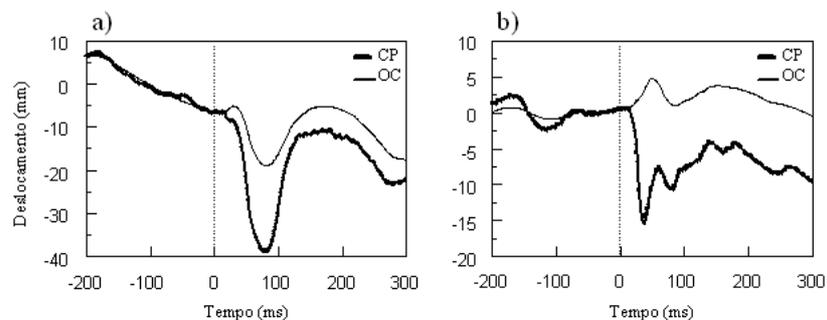


FIGURA 3: Exemplo de uma tentativa na condição externamente imposta ilustrando o deslocamento ântero-posterior do centro de pressão (linha grossa) e da oscilação corporal (linha fina) de um participante do GAJ (a) e de um participante do GI (b), 200 ms antes e 300 ms após a perturbação.
Nota: Os gráficos estão em escalas diferentes para melhor visualização dos dados.

os GAJ e GI no que se refere às oscilações corporais. A Figura 3 apresenta exemplos do deslocamento do centro de pressão e da oscilação corporal na direção ântero-posterior durante uma tentativa externamente imposta para um participante adulto jovem e um participante idoso.

Como pode ser observado na figura 3a, embora com amplitudes diferentes, tanto o centro de pressão quanto a oscilação corporal do participante adulto jovem apresentaram um padrão de deslocamento semelhante, com ambos apresentando um deslocamento posterior após a perturbação e posterior retomada da posição corporal inicial. Assim, pode-se dizer que o centro de pressão e a oscilação corporal estão em fase, o que caracteriza a utilização da estratégia comportamental denominada estratégia de tornozelo. Em contrapartida, o participante do GI (Fig. 3b) apresentou um comportamento antagônico entre o centro de pressão e a oscilação corporal. Enquanto o centro de pressão apresentou um deslocamento posterior após a perturbação, a oscilação corporal apresentou um deslocamento anterior. Dessa forma o centro de pressão e a oscilação corporal estão fora de fase, caracterizando a estratégia comportamental conhecida como estratégia de quadril. Este comportamento, embora não presente em todas as tentativas dos participantes do GI, foi observado na maioria delas, sugerindo que o desempenho surpreendente dos idosos na manutenção da postura ereta após a ocorrência de uma perturbação foi alcançado empregando estratégias comportamentais diferentes daquelas utilizadas pelos adultos jovens.

DISCUSSÃO

A partir dos resultados obtidos neste estudo dois aspectos relacionados ao controle postural em idosos merecem ser discutidos. Um primeiro aspecto refere-se aos mecanismos de ajustes posturais *feedback* e *feedforward* que foram observados tanto em participantes do GAJ quanto do GI. Outro aspecto que também será discutido diz respeito às diferenças observadas entre os grupos, em que o GI apresentou menor amplitude de deslocamento do centro de pressão quando comparado ao GAJ, sugerindo que adultos jovens e idosos utilizam estratégias comportamentais diferenciadas para restabelecer o equilíbrio.

No que se refere à apresentação dos mecanismos *feedback* e *feedforward* parece não haver diferenças entre adultos jovens e idosos. Os resultados obtidos neste estudo mostraram diferenças significativas entre as condições de iniciativa própria (*feedforward*) e externamente imposta (*feedback*) não apenas para o GAJ mas também para o GI, indicando que ambos os grupos apresentaram respostas posturais diferenciadas dependendo da condição a que foram submetidos. Dessa forma, ambos, adultos jovens e idosos, apresentaram funcionamento semelhante dos mecanismos de ajustes posturais *feedback* e *feedforward*. O resultado observado para os adultos jovens não traz novidades uma vez que a presença dos mecanismos *feedback* e *feedforward* em adultos jovens tem sido reportada em vários estudos (por exemplo: Hay, Redon, 1999). No entanto, a presença de ambos os mecanismos em idosos não era esperada já que há indícios na literatura sugerindo haver alterações no mecanismo *feedback* nessa faixa etária.

Como visto anteriormente, os mecanismos de ajustes posturais *feedback* e *feedforward* não apenas surgem em épocas diferentes (Haas et al., 1989) mas também se desenvolvem de maneira diferenciada nos primeiros anos de vida, principalmente entre 3 e 8 anos (Hay, Redon, 1999). Assim, parecia coerente supor que os idosos, o outro extremo do ciclo desenvolvimental, apresentassem alterações no mecanismo *feedforward*. Na verdade, alguns estudos têm reportado alterações nesse mecanismo que vão desde a sua presença, mas com atraso, até a sua ausência (Woollacott, Manchester, 1993). Entretanto, os resultados deste estudo mostraram não haver alterações no mecanismo *feedforward* em idosos uma vez que, semelhante ao observado em adultos jovens, os idosos apresentaram mecanismos de ajustes posturais diferenciados de acordo com a condição experimental a que foram expostos.

Outro aspecto que merece ser discutido e talvez seja o mais intrigante diz respeito às diferenças entre os grupos para a variável amplitude de deslocamento, em que, surpreendentemente, o GI apresentou menor amplitude que o GAJ. Era

esperado que o GI apresentasse uma maior amplitude de deslocamento quando comparado ao de adultos jovens em virtude de os idosos apresentarem uma série de alterações (sensoriais, motoras ou na combinação destas) que afetam a manutenção do controle postural, resultando em alterações comportamentais tais como maior extensão (Era, Heikkinen, 1985), amplitude (Era, Heikkinen, 1985; Spirduso, 1995; Panzer et al., 1995; Ferraz et al., 2001) e frequência de oscilação corporal (Shumway-Cook, Woollacott, 1995) bem como maiores excursões dos centros de massa e pressão (Gu et al., 1996); mas não foi o que aconteceu.

Na tentativa de explicar estes resultados, os valores do centro de pressão foram analisados juntamente com os valores da oscilação corporal (Figura 3) e verificou-se que o GI utilizou estratégias comportamentais diferentes das utilizadas pelo GAJ. O GAJ utilizou principalmente (em quase 100% das tentativas) a estratégia de tornozelo ao passo que o GI "optou", em parte das tentativas, pela estratégia de quadril, o que pode explicar a menor amplitude de deslocamento apresentada por esse grupo.

Alguns estudos têm reportado alterações na utilização dessas estratégias com o avançar da idade (Manchester et al., 1989; Panzer et al., 1995; Okada et al., 2001). Considerando que a escolha de uma ou outra estratégia depende da experiência anterior (Horak, Nashner, 1986), do objetivo postural, das restrições ambientais (Runge et al., 1999) e das restrições impostas pela disponibilidade de informação sensorial precisa (Horak et al., 1990), parece coerente que o GI tenha apresentado estratégias comportamentais diferentes das exibidas pelo GAJ uma vez que os idosos possuem experiências anteriores diferenciadas (quedas, por exemplo). Assim, a adoção da estratégia de quadril parece ter sido uma forma funcional e eficiente para compensar o declínio de funções neurofisiológicas e anatômicas, preservando o equilíbrio. Além disso, em virtude das várias alterações apresentadas pelos idosos (que muitas vezes dificultam a obtenção de informação sensorial precisa), eles se tornam mais precavidos, o que se reflete também na estratégia adotada. Dessa forma, ante uma perturbação, os idosos optam pela estratégia de quadril, entre outras coisas, pelo fato de essa estratégia ser considerada mais segura e efetiva na estabilização da postura corporal, como já demonstrado em recentes modelos biomecânicos (Kuo, 1995).

Desse modo, assim como as crianças, os idosos também apresentam comportamentos diferenciados quando comparados a adultos jovens. Entretanto, os motivos pelos quais isso ocorre parecem ser distintos. A diferenciação apresentada pelas crianças tem sido atribuída à inexperiência (Mercer et al., 1997). Para os idosos, as explicações para essa diferenciação seriam decorrentes das alterações apresentadas por eles. Estas estariam contribuindo para movimentações mais restritas e

"seguras", levando-os a adotar estratégias cada vez mais precavidas (Mercer et al., 1997). No entanto, estas questões são apenas suposições e necessitam ser mais bem esclarecidas em estudos futuros.

CONCLUSÃO

Com o objetivo de examinar os mecanismos de ajustes posturais *feedback* e *feedforward* em idosos durante a manutenção da postura ereta e com base nos resultados obtidos, é possível concluir que os idosos apresentam um funcionamento dos mecanismos *feedback* e *feedforward* similar ao dos adultos jovens. No entanto, os idosos utilizam estratégias comportamentais diferentes para minimizar as oscilações corporais após a perturbação, tornando-se mais precavidos e seguros nas ações de controle postural.

Feedback and feedforward postural control mechanisms in elderly

ABSTRACT: The purpose of this study was to examine the feedback and feedforward postural control mechanisms in elderly. Five young adults and five elderly stood barefoot with their eyes closed on a force platform, holding a load in their hands and with an IRED marker placed on their back. Experimental conditions express two situations of postural perturbation: externally imposed unloading and self-initiated unloading. Results revealed difference between groups and conditions, elderly exhibited smaller amplitude than young adults and amplitude in externally imposed unloading was larger in both groups. Body sway analysis indicated that smaller elderly sway was due to different behavioral strategies used by elderly and young adults.

KEY-WORDS: Postural control; feedforward; feedback; elderly.

Mecanismos de ajustes posturales *feedback* y *feedforward* en ancianos

*RESUMEN: El objetivo de este estudio fue examinar los mecanismos de ajustes posturales *feedback* y *feedforward* durante el mantenimiento de la postura erecta en adultos mayores (ancianos). Cinco adultos jóvenes y cinco mayores mantuvieron la posición en pie, estática, con los ojos cerrados, en una plataforma de fuerza, con un peso en las manos y un emisor infrarrojo en la espalda en dos condiciones experimentales: externamente impuesta y por iniciativa propia. Los resultados revelaron diferencia entre los grupos y entre las condiciones. La amplitud del desplazamiento fue menor en ancianos que en adultos jóvenes y mayor en la condición externamente impuesta en los dos grupos. El análisis de la oscilación corporal indicó que la amplitud del desplazamiento menor ocurrió en los sujetos de mayor edad a raíz de estrategias de comportamiento diferentes utilizadas por adultos mayores y por jóvenes adultos.*

PALABRAS CLAVES: Control de postura; feedforward; feedback; adultos mayores (ancianos).

REFERÊNCIAS

- ALEXANDER, N. B. Postural control in older adults. *Journal of The American Geriatrics Society*, Malden, v. 42, p. 93-108, 1994.
- ARUIN, A. S.; FORREST, W. R.; LATASH, M. L. Anticipatory postural adjustments in conditions of postural instability. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, Amsterdam, v. 109, p. 350-359, 1998.
- COLLINS, J. J.; DE LUCA, C. J.; BURROWS, A.; LIPSITZ, L. A. Age-related changes in open-loop and closed-loop postural control mechanisms. *Experimental Brain Research*, New York, v. 104, p. 480-492, 1995.
- DUFOSSÉ, M.; HUGON, M.; MASSION, J. Postural forearm changes induced by predictable in time or voluntary triggered unloading in man. *Experimental Brain Research*, New York, v. 60, p. 330-334, 1985.
- ERA, P.; HEIKKINEN, E. Postural sway during standing and unexpected disturbance of balance in random samples of men of different ages. *Journal of Gerontology*, Washington, v. 40, n. 3, p. 287-295, 1985.
- FERRAZ, M. A. *Acoplamento sensório-motor no controle postural de idosos: efeitos da atividade física*. Dissertação (Mestrado em Ciências da Motricidade) – Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 90f, 1999.
- FERRAZ, M. A.; BARELA, J. A.; PELLEGRINI, A. M. Acoplamento sensório-motor no controle postural de indivíduos idosos fisicamente ativos e sedentários. *Motriz*, Rio Claro, v. 7, n. 2, p. 99-105, 2001.
- GHEZ, C. Posture. In: KANDEL, E. R.; SCHWARTZ, J. H.; JESSELL, T. M. (Ed.) *Principles of neural science*. 3. ed. Norwalk: Appleton, Lange, p. 596-607, 1991.
- GU, M. J.; SCHULTZ, A. B.; SHEPARD, N. T.; ALEXANDER, N. B. Postural control in young and elderly adults when stance is perturbed: dynamics. *Journal of Biomechanics*, Oxford, v. 29, n. 3, p. 319-329, 1996.
- HAAS, G.; DIENER, H. C.; RAPP, H.; DICHGANS, J. Development of feedback and feedforward control of upright stance. *Developmental Medicine and Child Neurology*, Port Chester, v. 31, p. 481-488, 1989.
- HAY, L.; REDON, C. Feedforward versus feedback control in children and adults subjected a postural disturbance. *Experimental Brain Research*, New York, v. 125, p. 153-162, 1999.
- HORAK, F. B.; NASHNER, L. M. Central programming of postural movements: adaptation to altered support-surface configurations. *Journal of Neurophysiology*, Bethesda, v. 55, n. 6, p. 1369-1381, 1986.

- HORAK, F. B.; SHUPERT, C. L.; MIRKA, A. Components of postural dyscontrol in the elderly: a review. *Neurobiology of Aging*, New York, v. 10, n. 6, p. 727-738, 1989.
- HORAK, F. B.; MACPHERSON, J. M. Postural orientation and equilibrium, In: ROWELL, L. B.; SHERPHERD, J. T. (Ed.) *Handbook of physiology: a critical, comprehensive presentation of physiological knowledge and concepts*. New York: Oxford American Physiological Society, p. 255-92, 1996.
- HORAK, F. B.; NASHNER, L. M.; DIENER, H. C. Postural strategies associated with somatosensory and vestibular loss. *Experimental Brain Research*, New York, v. 82, p. 167-177, 1990.
- KUO, A. D. An optimal control model for analyzing human postural balance. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, New York, v. 42, n. 1, p. 87-100, 1995.
- MAKI, B. E.; PERRY, S. D.; NORRIE, R. G.; MCLLROY, W. E. Effect of facilitation of sensation from plantar foot-surface boundaries on postural stabilization in young and older adults. *Journal of Gerontology*, Washington, v. 54A., n. 6, p. M281-M287, 1999.
- MANCHESTER, D.; WOLLACOTT, M.; ZEDERBAUER-HYLTON, N. ; MARIN, O. Visual, vestibular and somatosensory contributions to balance control in the older adult. *Journal of Gerontology*, Washington, v. 44, n. 4, p. M118-M127, 1989.
- MASSION, J. Movement, posture and equilibrium: interaction and coordination. *Progress in Neurobiology*, Oxford, v. 38, p. 35-56, 1992.
- MERCER, V. S.; SAHRMANN, S. A.; DIGGLES-BUCKLES, V. ; ABRAMS, R. A.; NORTON, B. J. Age group differences in postural adjustments associated with a stepping task. *Journal of Motor Behavior*, Washington, v. 29, n. 3, p. 243-253, 1997.
- OKADA, S.; HIRAKAWA, K.; TAKADA, Y.; KINOSHITA, H. Age-related differences in postural control in humans in response to a sudden deceleration generated by postural disturbance. *European Journal of Applied Physiology*, New York, v. 85, n. 1-2, p. 10-18, 2001.
- PANZER, V. P.; BANDINELLI, S.; HALLETT, M. Biomechanical assessment of quiet standing and changes associated with aging. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, Philadelphia, v. 76, p. 151-157, 1995.
- ROGATTO, G. P. Implicações antropométricas (hipertrofia) e funcionais (nível de força) do treinamento de força nos músculos flexores do cotovelo em idosos. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso de Educação Física) – Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 84f, 1998.
- RUNGE, C. F.; SHUPERT, C. L.; HORAK, F. B.; ZAJAC, F. E. Ankle and hip postural strategies defined by joint torques. *Gait and Posture*, Amsterdam, v. 10, p. 161-170, 1999.

SEIDLER, R. D.; STELMACH, G. E. Reduction in sensorimotor control with age. *Quest*, Oxford, v. 47, p. 386-394, 1995.

SHUMWAY-COOK, A.; WOOLLACOTT, M. H. Development of postural control. In: _____. *Motor control: theory and practical applications*. Baltimore: Williams, Wilkins, p. 143-168, 1995.

SPIRDUSO, W. W. *Physical dimensions of aging*. Champaign: Human Kinetics, p. 155-183, 1995.

WINTER, D. A. Human balance and posture control during standing and walking. *Gait and Posture*, Amsterdam, v. 3, p. 193-214, 1995.

WOOLLACOTT, M. H.; MANCHESTER, D. L. Anticipatory postural adjustments in older adults: are changes in response characteristics due to changes in strategy? *Journal of Gerontology*, Washington, v. 48, n. 2, p. M64-M70, 1993.

Recebido: 15 fev. 2002

Aprovado: 15 abr. 2002

Endereço para correspondência
Daniela Godoi
Laboratório para Estudos do Movimento
Departamento de Educação Física – IB – Unesp
Av. 24 A, 1515 – Bela Vista
Rio Claro – São Paulo
CEP 13506-900