

# Diferenças sensoriais e motoras entre jovens e idosos: contribuição somatossensorial no controle postural

Sensory and motor differences between young and older adults: somatosensory contribution to postural control

Diana R. Toledo<sup>1</sup>, José A. Barela<sup>2</sup>

## Resumo

**Objetivos:** Comparar o desempenho dos sistemas sensoriais e motor entre jovens e idosos e identificar as contribuições das possíveis diferenças para o controle postural. **Métodos:** Vinte idosos (68,9±3,7 anos de idade) e 20 jovens (21,9±2,1 anos de idade) realizaram testes visuais; somatossensoriais (sensibilidade cutânea e cinestésica); motores (torque articular e latência de ativação muscular) e de controle postural (postura ereta em semi-tandem). **Resultados:** As análises de variância (ANOVAs) e as análises de multivariância (MANOVAs) indicaram desempenho inferior dos idosos nos testes sensoriais: acuidade visual ( $p=0,001$ ); sensibilidade ao contraste visual ( $p=0,009$ ); sensibilidade cutânea ( $p<0,001$ ); sensibilidade cinestésica de joelho ( $p<0,001$ ) e tornozelo ( $p<0,001$ ), e motores: torque em flexão de joelho feminino ( $p=0,010$ ) e masculino ( $p<0,001$ ); extensão de joelho feminino ( $p=0,002$ ) e masculino ( $p<0,001$ ); dorsiflexão de tornozelo feminino ( $p=0,029$ ) e masculino ( $p=0,006$ ), flexão plantar de tornozelo feminino ( $p=0,004$ ) e masculino ( $p=0,004$ ) e latência de ativação muscular ( $p<0,001$ ). Os idosos também apresentaram maior oscilação corporal na direção ântero-posterior ( $p=0,035$ ). Análise de regressão múltipla revelou que a percepção ao movimento passivo foi a única variável que contribuiu para a maior oscilação corporal na direção ântero-posterior em idosos,  $R^2=0,142$ ,  $p<0,05$ . **Conclusões:** Diferenças no desempenho sensorial e motor ocorrem entre jovens e idosos e atenção deveria ser direcionada para a contribuição do sistema proprioceptivo para o controle postural de idosos.

**Palavras-chave:** sistema proprioceptivo; controle postural; envelhecimento.

## Abstract

**Objectives:** The aim of this study was to compare the performance of the sensory and motor systems and the contributions of possible differences to postural control. **Methods:** Twenty older adults (68.9±3.7 years of age) and twenty young adults (21.9±2.1 years of age) underwent visual, somatosensory (tactile and kinesthetic sensitivity), motor tests (joint torque and muscle activation latency) and postural control assessments (upright semi-tandem posture). **Results:** MANOVA and ANOVA indicated that older adults had a poorer performance in the sensory tests: visual acuity ( $p=0.001$ ), visual contrast sensitivity ( $p=0.009$ ), tactile sensitivity ( $p<0.001$ ) and kinesthetic sensitivity of the knee ( $p<0.001$ ) and ankle ( $p<0.001$ ); and in the motor tests: female ( $p=0.010$ ) and male ( $p<0.001$ ) knee flexion torque; female ( $p=0.002$ ) and male ( $p<0.001$ ) knee extension torque; female ( $p=0.029$ ) and male ( $p=0.006$ ) ankle dorsiflexion torque; female ( $p=0.004$ ) and male ( $p=0.004$ ) ankle plantar flexion torque; and muscle activation latency ( $p<0.001$ ). The older adults also had greater body sway amplitude on the anterior-posterior direction ( $p=0.035$ ). Multiple regression analysis revealed that perception of passive motion was the only variable that contributed to greater body sway on the anterior-posterior direction among older adults ( $R^2=0.142$ ;  $p<0.05$ ). **Conclusions:** There are differences in sensory and motor performance between young adults and older adults, and attention should be directed toward the contribution of the proprioceptive system to postural control among older adults.

**Key words:** proprioceptive system; postural control; aging.

Recebido: 13/04/2009 – Revisado: 01/07/2009 – Aceito: 18/09/2009

<sup>1</sup>Laboratório para Estudos do Movimento, Departamento de Educação Física, Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Rio Claro (SP), Brasil

<sup>2</sup>Instituto de Ciências da Atividade Física e Esporte, Universidade Cruzeiro do Sul (UNICSul), São Paulo (SP), Brasil

Correspondência para: José A. Barela, Programa de Pós-Graduação Ciências do Movimento Humano, Universidade Cruzeiro do Sul (UNICSul), Rua Galvão Bueno, 868, Liberdade, CEP 01506-000, São Paulo (SP), Brasil, e-mail: jose.barela@cruzeirosul.edu.br

## Introdução ::::

O aumento da população de idosos está ocorrendo a taxas sem precedentes. As projeções indicam que, em 2050, a população mundial idosa será de aproximadamente dois bilhões de pessoas<sup>1</sup>. Concomitantemente às modificações demográficas, doenças associadas ao envelhecimento ganham maior expressão no conjunto da sociedade e, conseqüentemente, há um crescimento da demanda por serviços de saúde. Como os idosos consomem mais serviços de saúde, esforços têm sido direcionados no sentido de esclarecer os fatores que contribuem para um envelhecimento saudável.

Assim como fatores biológicos, doenças e causas externas levam a população idosa a sofrer conseqüências funcionais. A queda, segundo a Classificação Internacional de Doenças (CID-10)<sup>2</sup>, é uma das causas externas e representa um grande problema para as pessoas idosas, dadas as suas conseqüências, como lesões de partes moles, restrição prolongada no leito, hospitalização, institucionalização, risco de doenças, fraturas, incapacidade e até morte. Além disso, o medo de novas quedas leva o idoso a diminuir suas atividades, provocando a síndrome da imobilidade<sup>3</sup>.

O dramático aumento no número de quedas com o envelhecimento tem sido atribuído ao declínio do desempenho do sistema de controle postural<sup>4-6</sup>. A queda representa a conseqüência mais drástica das alterações do controle postural; entretanto, mesmo idosos capazes de realizar suas atividades de vida diária independentemente podem apresentar um declínio importante no controle e equilíbrio postural, o que apenas se torna evidente após a ocorrência de uma queda. Ainda não estão claros quais fatores poderiam colaborar para esse declínio e o esclarecimento de tais fatores poderia, entre outras ações, facilitar a elaboração de programas específicos de prevenção de quedas para idosos.

O controle postural pode ser definido como um processo pelo qual o sistema nervoso central gera padrões de atividade muscular requeridos para regular a relação entre o centro de massa corporal e a base de suporte<sup>7</sup>. Assumindo que o controle postural possui dois objetivos comportamentais, denominados orientação e equilíbrio postural, e que esses objetivos são alcançados, segundo Horak e Macpherson<sup>8</sup>, a partir de um intrincado e dinâmico relacionamento entre informação sensorial e atividade muscular, o desempenho do sistema de controle postural de idosos poderia ser alterado como resultado das mudanças que ocorrem com o passar dos anos nos sistemas sensoriais e motor.

As conseqüências das alterações sensoriais e motoras para o controle postural de idosos têm sido amplamente investigadas<sup>9-12</sup>. Entretanto, há muita divergência entre os resultados encontrados na literatura, possivelmente devido à falta de

controle da população em estudo. Doenças associadas ao envelhecimento estão presentes em grande parte da população idosa e elas podem exacerbar as deteriorações sensoriais e motoras conseqüentes do processo natural de envelhecimento e levar essa população a ter prejuízos no controle postural.

Quando se trata de controle postural em idosos, as características da amostra estudada merecem uma atenção especial, de modo que as possíveis conseqüências do envelhecimento possam ser distinguidas daquelas causadas por doenças associadas ao envelhecimento. Contudo, a dificuldade de tal distinção tem sido um problema vivenciado por profissionais da saúde e, como conseqüência, programas de prevenção e reabilitação não podem ser elaborados com enfoques específicos. Dessa forma, é importante examinar as prováveis alterações decorrentes do processo de envelhecimento e quais suas contribuições para a instabilidade postural em idosos. Nessa perspectiva, os objetivos deste estudo foram identificar as diferenças sensoriais e motoras entre jovens e idosos e as suas contribuições para o controle postural em idosos saudáveis.

## Materiais e métodos ::::

### Participantes

Vinte pessoas com idades entre 65 e 76 ( $68,9 \pm 3,7$ ) anos formaram o grupo de idosos (GI) e 20 pessoas com idades entre 18 e 26 ( $21,9 \pm 2,1$ ) anos formaram o grupo de jovens (GJ). Os idosos nunca tinham participado e não participaram, nos últimos dois anos, de qualquer programa regular e sistemático de atividade física. Como forma de obter mais controle sobre o nível de atividade física dos participantes idosos, foi aplicado o Questionário de Baecke Modificado para Idosos, validado por Mazo et al.<sup>13</sup>, o qual abrange três áreas básicas: atividades domésticas, atividades esportivas e atividades de lazer, havendo uma pontuação relativa ao dispêndio energético em tais atividades. Esse questionário foi aplicado com o objetivo de garantir que os participantes não fossem fisicamente ativos, o que poderia influenciar os resultados obtidos nos testes. Foi aplicado, também, um questionário sobre histórico de quedas, para se certificar de que os idosos não eram caídores, e um questionário sobre tontura, para garantir que os idosos não apresentavam qualquer sintoma de disfunção vestibular. Esses dois últimos questionários foram elaborados pela professora Mônica Rodrigues Perracini, da Universidade Cidade de São Paulo (UNICID), e auxiliaram na anamnese mais elaborada sobre o histórico de tontura e quedas dos participantes idosos. Aos participantes idosos ainda foi realizado o Mini Exame do Estado Mental<sup>14,15</sup>, com a finalidade

de confirmar a ausência de disfunção cognitiva desses participantes. Todos os participantes relataram não apresentar qualquer tipo de dor, doença, disfunção visual, musculoesquelética e/ou neurológica. Os participantes também não faziam uso de medicação benzodiazepínica e antidepressiva e não utilizavam próteses ou órteses.

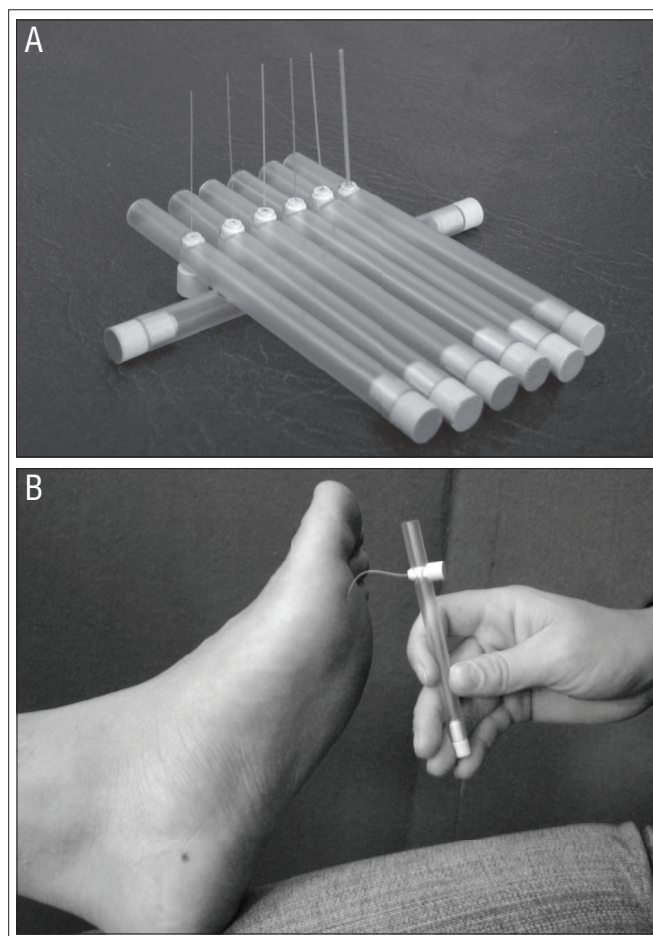
## Procedimentos

Os participantes foram submetidos às avaliações sensoriais, motoras e de controle postural realizadas por apenas um avaliador e, em alguns casos, foi necessária a ajuda de um segundo pesquisador para iniciar os comandos nos computadores utilizados nos testes (por exemplo: Servomotor, Optotrak). As avaliações sensoriais foram compostas de avaliação visual (acuidade e sensibilidade ao contraste) e somatossensorial (sensibilidade cutânea e sensibilidade ao movimento articular passivo). As avaliações motoras consistiram em medidas de torque articular e de latência de ativação muscular após perturbação da superfície de suporte. As avaliações de controle postural consistiram em medidas de oscilação corporal durante manutenção da postura ereta em semi-tandem.

Como sugerido por Owsley<sup>16</sup>, para a maioria das pessoas, as medidas de acuidade visual e de sensibilidade ao contraste seriam uma indicação adequada de desempenho visual. Logo, elas foram as avaliações utilizadas para a avaliação funcional do sistema visual. A acuidade visual foi mensurada por meio do Quadro de Snellen<sup>12</sup> e seu registro correspondia ao número da fileira em que o participante tinha sido capaz de acertar pelo menos 2/3 dos optotipos. A escala vai de 0,1 a 1, sendo esse último correspondente à fileira que uma pessoa com visão normal é capaz de enxergar. Quanto mais próximo de 1, mais próxima do normal é a acuidade visual do avaliado.

Para a avaliação da sensibilidade ao contraste, foi desenvolvido um teste computadorizado com base no *TwoDocs Color Test*<sup>17</sup>. Nele, foram apresentadas aos participantes, por meio de um monitor de computador, setas que apontavam para diferentes direções. A cada optotipo, ocorria a redução de contraste em 0,15 unidades logarítmicas, correspondendo às seguintes porcentagens de contraste: 100, 70, 50, 36, 25, 18, 9, 6, 4, 3, 2 e 1%. A sensibilidade ao contraste foi expressa em decimal correspondente à porcentagem mínima de contraste visualizada pelo participante e, quanto menor o contraste visualizado pelo avaliado, melhor é a sua sensibilidade ao contraste.

A sensibilidade cutânea (exterocepção) foi avaliada por meio do Kit Estesiômetro (Semmes-weinstein Monofilaments)<sup>11,12</sup>, que consiste em um conjunto de seis monofilamentos de nylon, com diâmetros diferentes, que exercem pressão sobre a pele de acordo com a gramagem do filamento, que varia de 0,05 a 300 g.



**Figura 1.** Kit Estesiômetro (Semmes-weinstein Monofilaments) (A) e situação experimental da avaliação da sensibilidade cutânea (B).

A avaliação foi realizada na superfície plantar da primeira articulação metatarsofalangiana do pé direito do participante<sup>18</sup> (Figura 1) e, quanto menor a gramagem do filamento sentido pelo avaliado, melhor é a sua sensibilidade cutânea.

O teste de sensibilidade ao movimento passivo avaliou o limiar de detecção de movimento (propriocepção) passivo articular de joelho e de tornozelo. Foi utilizado um equipamento especialmente desenvolvido para esse experimento, com base no CPM (*Continuous Passive Motion – Stryker – Leg Exerciser*)<sup>19</sup>. O participante, sentado, permaneceu com o pé direito apoiado em uma base que realizava ora flexão plantar, ora dorsiflexão do tornozelo a 0,5 grau/segundo<sup>19</sup>. Para o movimento de joelho, o participante permaneceu sentado, com as pernas pendentes, e a perna direita foi ora flexionada, ora estendida por meio do sistema que tocava a parte posterior do calçado do participante. Assim que o participante, de olhos fechados, detectava que a perna ou o pé estava sendo movimentado, ele acionava um dispositivo, mantido em sua mão durante a execução da avaliação. Durante o teste, foram adicionados alguns ruídos no ambiente (ventiladores com alto nível de ruído), eliminando a possibilidade de que o barulho do equipamento fosse utilizado

como dica auditiva de início do movimento. A variável dependente foi o deslocamento, em graus, da posição inicial até a posição em que o movimento foi detectado e interrompido pelo participante e foi registrada por meio de um sistema de análise de movimento (OPTOTRAK 3020, NDI, Inc.). Quanto menor o deslocamento angular, melhor a sensibilidade ao movimento passivo do participante.

A avaliação da capacidade de produção de torque articular também foi realizada utilizando um equipamento especialmente desenvolvido para esse experimento. Essa avaliação foi realizada de acordo com a recomendação de procedimento da Sociedade Americana de Fisiologia do Exercício (ASEP)<sup>20</sup>. Para o torque da articulação do joelho, a partir da posição sentada e com o joelho semiflexionado em torno de 60 graus a partir da extensão completa, o participante realizou contração isométrica de extensão do joelho. Para a flexão, a mesma articulação foi semiflexionada em torno de 30 graus a partir da extensão completa. Para o torque de tornozelo, ele foi posicionado em torno de 90 graus entre os segmentos perna e pé, e o indivíduo realizou torque isométrico ora de dorsiflexão, ora de flexão plantar. O aparelho foi instrumentado com uma célula de carga, que permitiu quantificar a força exercida perpendicularmente ao braço de alavanca, registrada em Kg, por meio de um mostrador digital (Indicador de Pesagem - Modelo LD1050, da marca Líder). O torque foi calculado com base na força exercida e na distância entre o eixo de rotação e o local de aplicação de força e foi registrado na unidade de medida Nm.

Para a avaliação da latência de resposta muscular, o participante foi posicionado na posição bipodal sobre uma plataforma de base móvel, que possibilita o movimento no sentido ântero-posterior. Esse movimento foi produzido 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). O movimento foi realizado para frente, com 3,6 cm de deslocamento e pico de velocidade de 16,5 cm/s<sup>21</sup>. Eletrodos bipolares de superfície foram posicionados no músculo tibial anterior. O início da movimentação da base da plataforma se deu utilizando o sistema de análise de movimento OPTOTRAK. A latência foi definida como o tempo decorrido entre o início da movimentação da plataforma e o início de ativação muscular após tal movimentação. Quanto menor a latência de ativação muscular, mais rápida é a geração de respostas musculares do avaliado e melhor o seu desempenho nessa avaliação.

Para examinar o desempenho do sistema de controle postural durante a manutenção da postura em pé, os participantes foram instruídos a permanecer em apoio semi-tandem, o mais

estático possível, durante 30 segundos, olhando para um alvo de 4,5 cm de diâmetro, posicionado na altura dos olhos e a um metro de distância do participante. Um emissor infravermelho do sistema de análise de movimentos OPTOTRAK foi fixado na região interescapular do participante para obter a oscilação corporal nas direções ântero-posterior e médio-lateral. Para quantificar a oscilação corporal, a amplitude média de oscilação foi obtida calculando a variância dos valores da oscilação corporal nas respectivas direções, ântero-posterior e médio-lateral. Quanto menor o valor da amplitude média de oscilação, melhor foi a oscilação corporal ao longo da tentativa e, portanto, melhor o desempenho do sistema de controle postural do participante.

O tratamento e o cômputo dos dados, quando aplicável, foram realizados utilizando rotinas escritas especificamente para os devidos fins por meio do software MATLAB (Math Works, versão 7.0).

## Análises estatísticas

Antes da realização das análises estatísticas para verificar possíveis diferenças entre os grupos, testes de normalidade e de homogeneidade de variância foram realizados e, quando necessário, as variáveis foram transformadas de forma que esses pressupostos fossem atendidos.

Para as variáveis de escala ordinal, como acuidade visual, sensibilidade ao contraste e sensibilidade cutânea, foi aplicado o teste estatístico U de Mann-whitney, para verificar possíveis diferenças entre os grupos etários. Nesse caso, foram realizados três testes não-paramétricos, sendo um para cada variável dependente.

Duas análises de multivariância (MANOVAs) foram realizadas para verificar as diferenças de sensibilidade ao movimento passivo entre os grupos. A primeira MANOVA teve como fatores grupo (GJ e GI) e direção (flexão ou extensão), sendo esse último fator tratado como medida repetida e, como variáveis dependentes, o deslocamento angular do joelho e do tornozelo. A segunda MANOVA teve como fatores o grupo (GJ e GI) e a articulação (joelho e tornozelo), sendo esse último tratado como medida repetida e, como variáveis dependentes, o deslocamento angular para flexão e para extensão.

Foram realizadas duas MANOVAs para analisar a capacidade de produção de torque articular. Uma MANOVA foi realizada para participantes do gênero feminino e outra, para o masculino e tiveram como fator grupo (GJ e GI) e, como variáveis dependentes, os torques articulares de joelho e de tornozelo, nas direções de flexão e extensão.

Uma análise de variância (ANOVA) foi realizada para verificar possíveis diferenças na latência de resposta muscular entre os grupos. Foram realizadas ainda, duas ANOVAs

**Tabela 1.** Valores médios e respectivos desvios-padrão (DP) das variáveis sensoriais para o grupo de jovens (GJ) e grupo de idosos (GI) e valores da probabilidade estatística (p) das comparações entre os grupos etários.

Variável	GJ		GI		p
	Média	DP	Média	DP	
Acuidade visual	0,990	0,045	0,815	0,225	0,001*
Sensibilidade ao contraste visual	0,010	0,000	0,013	0,005	0,009*
Sensibilidade cutânea (g)	0,20	0,43	2,47	2,89	<0,001*
Sensibilidade ao movimento passivo (°)					
Flexão joelho	0,47	0,18	1,15	0,58	<0,001*
Extensão joelho	0,52	0,26	1,10	0,74	
Dorsiflexão tornozelo	0,51	0,17	1,17	0,63	<0,001*
Flexão plantar tornozelo	0,49	0,19	1,26	0,80	

\*Diferença significativa entre os grupos ( $p < 0,05$ ).**Tabela 2.** Valores médios e respectivos desvios-padrão (DP) das variáveis motoras para o grupo de jovens (GJ) e grupo de idosos (GI) e valores da probabilidade estatística das comparações entre os grupos etários.

Variável	GJ		GI		p
	Média	DP	Média	DP	
Torque articular feminino (Nm)					
Flexão joelho	74,73	17,00	54,61	12,79	0,010*
Extensão joelho	132,58	42,92	83,26	28,63	0,002*
Dorsiflexão tornozelo	48,96	16,27	33,63	10,11	0,029*
Flexão plantar tornozelo	220,99	51,58	151,99	40,23	0,004*
Torque articular masculino (Nm)					
Flexão joelho	139,36	26,81	85,99	28,30	<0,001*
Extensão joelho	272,09	63,07	136,17	58,14	<0,001*
Dorsiflexão tornozelo	86,94	18,55	60,92	19,12	0,006*
Flexão plantar tornozelo	294,67	68,26	202,75	54,14	0,004*
Latência da resposta muscular (ms)	80,81	9,59	100,76	16,17	<0,001*

\*Diferença significativa entre os grupos ( $p < 0,05$ ).

para analisar as possíveis diferenças entre os grupos etários quanto à manutenção da postura ereta, tendo como variáveis dependentes a amplitude média de oscilação para as direções ântero-posterior e médio-lateral.

Finalmente, para identificar as variáveis sensoriais e motoras (preditoras) que explicariam a variância das variáveis de controle postural (dependentes), foi realizada uma análise de regressão linear múltipla, utilizando o método *Stepwise*. As variáveis das avaliações sensoriais e motoras que foram diferentes entre os grupos etários foram utilizadas como variáveis preditoras.

Quando aplicáveis, testes univariados e testes *post hoc* de Tukey, com ajustes de Bonferroni, foram realizados. Essas análises foram realizadas utilizando o software estatístico Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) (versão 10.0), e o nível de significância em todas elas foi mantido em 0,05.

Antes da realização das avaliações, todos os participantes assinaram de um termo de consentimento livre e esclarecido, aprovado pela Comissão de Ética do Instituto de Biociências da Universidade Estadual Paulista (UNESP), Campus de Rio Claro (SP), Brasil (Protocolo 3571, datado de 27/06/2006).

**Tabela 3.** Valores médios e respectivos desvios-padrão (DP) das variáveis de controle postural para o grupo de jovens (GJ) e grupo de idosos (GI) e valores da probabilidade estatística das comparações entre os grupos etários.

Variável	GJ		GI		p
	Média	DP	Média	DP	
AMO AP (cm)	0,24	0,07	0,33	0,14	0,035*
AMO ML (cm)	0,44	0,15	0,54	0,20	0,105

AMO AP=Amplitude média de oscilação corporal na direção ântero-posterior; AMO ML=Amplitude média de oscilação corporal na direção médio-lateral; \*Diferença significativa entre os grupos ( $p < 0,05$ ).

## Resultados

Os valores médios e respectivos desvios-padrão das variáveis obtidos nas avaliações sensoriais, motoras e de controle postural para cada grupo etário são apresentados nas Tabelas 1, 2 e 3, onde também são apresentados os valores da probabilidade estatística obtidos nas comparações entre o GJ e o GI.

Como pode ser observado, todas as variáveis sensoriais e motoras foram diferentes entre os grupos etários, sendo que o GI apresentou um desempenho inferior ao GJ em todas as

avaliações sensoriais e motoras. No teste de controle postural, os idosos oscilaram mais do que os jovens somente na direção ântero-posterior, não havendo diferença entre os grupos etários na direção médio-lateral.

## Contribuição das variáveis sensoriais e motoras para o controle postural

Como todas as variáveis sensoriais e motoras foram diferentes entre os grupos etários, todas foram incluídas na análise de regressão linear múltipla como variáveis preditoras da oscilação corporal. Apesar de os torques articulares terem apresentado diferenças significantes entre os grupos em ambas as direções (flexão e extensão) e articulações (joelho e tornozelo), foram selecionados para esta análise somente os torques de extensão de joelho e de dorsiflexão de tornozelo. Essa decisão buscou manter as mesmas variáveis utilizadas no estudo de Lord, Clark e Webster<sup>12</sup>. Para a sensibilidade ao movimento passivo, como não houve diferença entre as articulações (joelho e tornozelo) e entre as direções (flexão e extensão), a média entre as quatro variáveis foi calculada e incluída na análise. Na avaliação de controle postural, somente a amplitude média de oscilação na direção ântero-posterior foi diferente entre os grupos etários e, por esse motivo, ela foi definida como a variável dependente para o modelo de regressão.

A análise de regressão linear múltipla revelou que a única variável que contribuiu significativamente para a variância da amplitude média de oscilação na direção ântero-posterior durante a manutenção da postura ereta foi a sensibilidade ao movimento passivo,  $R^2=0,142$ ,  $F(1,38)=6,290$ ,  $\text{resíduo}=4,897$ ,  $p<0,05$ . Nesse caso, o maior deslocamento angular na avaliação de sensibilidade ao movimento passivo esteve associado à maior oscilação corporal durante a manutenção da postura ereta.

## Discussão

A realização deste trabalho permitiu o esclarecimento de alguns aspectos do sistema de controle postural de idosos e de como os sistemas sensoriais e motor podem contribuir para um bom desempenho de controle postural dessa população. A metodologia utilizada para buscar estabelecer uma relação entre as alterações sensoriais e motoras decorrentes do envelhecimento e as mudanças no controle postural de idosos pode ser considerada adequada, uma vez que a inclusão dos participantes esteve condicionada à ausência de doenças associadas ao envelhecimento, que poderiam exacerbar tais alterações. Além disso, uma mesma amostra foi submetida às avaliações, tornando mais fidedigna e completa a investigação

das diferenças sensoriais e motoras entre jovens e idosos e suas possíveis consequências para o desempenho de controle postural. Este estudo apresentou um desenho transversal, o que não permite afirmar que as diferenças encontradas sejam estritamente relacionadas ao processo natural de envelhecimento, mas, sim, é provável ocorrer essa relação. Um desenho longitudinal seria o método indicado para inferir causalidade, entretanto tal procedimento envolveria um acompanhamento muito longo e inviável de ser realizado.

Inicialmente, com a avaliação individualizada dos sistemas sensoriais e motor, ficou evidente que jovens e idosos apresentam desempenhos diferentes e que, possivelmente, esses sistemas passem por alterações funcionais com o envelhecimento, visto que, em todas as avaliações, os idosos apresentaram um desempenho inferior ao dos jovens. As diferenças entre os grupos etários encontradas nas avaliações individuais dos sistemas já eram esperadas, considerando os diversos estudos com os idosos que apresentavam menor acuidade e sensibilidade ao contraste visual<sup>22,23</sup>, menor sensibilidade cutânea<sup>24,25</sup> e diferenças proprioceptivas<sup>26-28</sup>, comparados aos jovens.

Os resultados das avaliações do sistema motor também corroboram resultados prévios, que indicaram um menor torque articular de joelho e tornozelo de idosos, comparados aos jovens<sup>27,29-32</sup>. Além das diferenças na capacidade de produção de torque articular, os idosos demoraram mais tempo para ativar a musculatura para recuperar o equilíbrio postural após a perturbação da superfície de suporte, o que também já havia sido reportado anteriormente<sup>21,33,34</sup>.

Apesar de presentes na literatura, os relatos de desempenhos sensoriais e motores inferiores na população idosa são questionáveis devido à falta de controle quanto à presença de doenças associadas ao envelhecimento. Nesse caso, questionava-se as diferenças funcionais nos sistemas sensoriais e motor, observadas nesses estudos, seriam decorrentes exclusivamente do processo de envelhecimento. No presente estudo, o rigoroso critério de inclusão dos participantes minimizou as possibilidades de tais interferências, de forma que se pode sugerir que as alterações sensoriais e motoras observadas podem ser decorrentes predominantemente do processo de envelhecimento.

Diversos estudos investigaram a contribuição dos sistemas sensoriais e motor para o controle postural em idosos<sup>9-12</sup>. Contudo, muitas divergências foram encontradas entre eles, o que pode ter ocorrido devido à inclusão de participantes idosos que apresentavam doenças associadas ao envelhecimento. Por exemplo, Lord, Clark e Webster<sup>12</sup>, pioneiros em avaliar de forma mais completa a contribuição dos diferentes canais sensoriais e do sistema motor para o controle postural, verificaram que a sensibilidade cutânea e a propriocepção dos membros

inferiores foram as variáveis mais importantes para a manutenção da postura ereta no piso rígido. Alguns anos depois, o mesmo autor, utilizando a mesma metodologia<sup>11</sup>, verificou que as variáveis sensibilidade cutânea, sensibilidade à vibração e força foram as mais importantes para a estabilidade durante a manutenção da postura ereta. Mais tarde, novamente o mesmo autor<sup>10</sup> encontrou diferentes resultados, sendo que, na mesma postura, somente a redução proprioceptiva dos membros inferiores esteve significativamente associada ao aumento da oscilação corporal.

Apesar de divergentes, os estudos citados de Lord e Menz<sup>10</sup> e Lord, Clark e Webster<sup>12</sup> indicaram uma contribuição significativa do sistema proprioceptivo na maioria dos resultados, associada ou não aos outros sistemas, chamando a atenção para a contribuição de suas alterações para o controle postural de idosos. A importância desse sistema para o controle postural foi confirmada no presente estudo por meio da análise de regressão linear múltipla. Nesse caso, quanto mais degradado o sistema proprioceptivo, maior a oscilação corporal. Tal resultado indica uma contribuição significativa e importante, para não dizer preponderante, das informações proprioceptivas para o desempenho do controle postural, pelo menos nas condições e situações utilizadas no presente estudo.

A relação entre a informação somatossensorial e a oscilação corporal durante a manutenção da postura ereta deve ser, no entanto, entendida com cuidado. Primeiro, o uso de informação sensorial para o controle postural depende do contexto no qual a tarefa está sendo realizada<sup>8,35</sup>. Segundo, a predominância de determinado canal sensorial sobre os demais para o controle da postura, quando isso ocorre, está relacionado à deterioração dos demais canais sensoriais<sup>36</sup>. No caso dos idosos, o sistema somatossensorial, nas condições verificadas, teria uma atuação mais incisiva, pois os demais canais sensoriais, vestibular e visual, alterados pelo processo natural de envelhecimento, não propiciariam informação sensorial com resolução e qualidade suficientes para o controle mais preciso da manutenção da postura ereta. Apesar dessa constatação, os aspectos relacionados com as alterações funcionais dos sistemas sensoriais e as respectivas contribuições para o controle postural estão apenas no começo<sup>37</sup> e outros estudos necessitam ainda ser realizados para um melhor esclarecimento desses fenômenos.

Embora negligenciados, estudos realizados nas últimas décadas indicam um intrincado relacionamento entre informação sensorial e atividade motora correspondente para o funcionamento do controle postural. Assim, não apenas as

alterações motoras (por exemplo, força muscular<sup>9,11</sup>) devem ser consideradas no entendimento do funcionamento do sistema de controle postural e, em específico, as alterações que ocorrem nesse funcionamento decorrentes do envelhecimento, mas também as alterações que ocorrem nos canais sensoriais e a integração dessas informações realizada pelo sistema nervoso central. É com base nessas informações que as forças que atuam no corpo e as alterações na orientação postural decorrentes da atuação dessas forças serão identificadas, e respostas motoras serão organizadas.

Este estudo mostrou que alterações sensoriais e motoras ocorrem provavelmente devido ao processo de envelhecimento e, no caso da manutenção da postura ereta, a redução na percepção de movimento articular é o principal componente que afeta o desempenho de controle postural em idosos. Essa constatação exige uma atenção maior dos estudos vindouros sobre o controle postural de idosos e, principalmente, sobre possíveis intervenções que viessem atenuar a deterioração das informações somatossensoriais, resultando na melhora do controle da manutenção da postura ereta.

Uma das limitações do presente estudo foi que a avaliação do sistema proprioceptivo não foi, assim como em outros estudos<sup>11,12,19</sup>, puramente sensorial e, sim, uma avaliação sensorio-motora de resposta motora à percepção de movimento articular. Tal limitação dificulta a interpretação dos dados obtidos como uma deterioração sensorial, pois o atraso na resposta pode ser devido tanto à via aferente quanto à eferente. O envolvimento aferente e eferente na avaliação proprioceptiva deve ser investigado em detalhes para que uma afirmação mais precisa possa ser feita em relação às contribuições sensoriais e motoras para o controle postural.

Finalmente, espera-se que os resultados do presente estudo venham também influenciar estudos futuros sobre a relação entre as mudanças no desempenho de controle postural em idosos e a grande incidência de quedas nessa população. Espera-se também que investigações minuciosas sobre essa relação sejam feitas, de modo que os serviços de saúde sejam beneficiados, auxiliando na prevenção de quedas de indivíduos idosos.

## Agradecimentos : : : .

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo suporte financeiro: processo # 06/54022-1.

## Referências bibliográficas

1. IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Estudos & Pesquisas. Informação demográfica e socioeconômica. Perfil dos idosos responsáveis pelos domicílios no Brasil 2000. IBGE: Rio de Janeiro; 2002.
2. Ministério da Saúde – Datasus [homepage na Internet]. Organização Mundial da Saúde. CID-10 - Classificação estatística internacional de doenças e problemas relacionados à saúde. Brasília: Ministério da Saúde – Datasus; c2008 [atualizada em 2009; acesso em 10 Jul 2008]. Disponível em: <http://www.datasus.gov.br/cid10/webhelp/cid10.htm>
3. Secretaria de Estado da Saúde [homepage na Internet]. Quedas são riscos para idosos: tombos em casa são 70% dos casos. Brasília: Secretaria do Estado da Saúde; [atualizada em 11 Jan 2006, acesso em 16 Mai 2006]. Disponível em: [http://www.saude.df.gov.br/003/00301009.asp?ttCD\\_CHAVE=27710](http://www.saude.df.gov.br/003/00301009.asp?ttCD_CHAVE=27710)
4. Di Fabio RP, Emasithi A. Aging and the mechanism underlying head and postural control during voluntary motion. *Phys Ther*. 1997;77(5):458-75.
5. Wade MG, Lindquist R, Taylor JR, Treat-Jacobson D. Optical flow, spatial orientation, and the control of posture in the elderly. *J Gerontol B Psychol Sci Soc Sci*. 1995;50(1):51-8.
6. Blaszcyk JW, Lowe DL, Hansen PD. Ranges of postural stability and their changes in the elderly. *Gait Posture*. 1994;2(1):11-7.
7. Maki BE, McLroy WE. Postural control in the older adult. *Clin Geriatr Med*. 1996;12(4):635-58.
8. Horak FB, Macpherson JM. Postural orientation and equilibrium. In: Rowell LB, Shepard JT, editors. *Handbook of physiology: section 12, exercise regulation and integration of multiple systems*. New York: Oxford University Press; 1996. p. 255-92.
9. Corriveau H, Hébert R, Raïche M, Dubois M, Prince F. Postural stability in the elderly: empirical confirmation of a theoretical model. *Arch Gerontol Geriatr*. 2004;39(2):163-77.
10. Lord SR, Menz HB. Visual contributions to postural stability in older adults. *Gerontology*. 2000;46(6):306-10.
11. Lord SR, Ward JA. Age-associated differences in sensori-motor function and balance in community dwelling women. *Age Ageing*. 1994;23(6):452-60.
12. Lord SR, Clark RD, Webster IW. Postural stability and associated physiological factors in a population of aged persons. *J Gerontol*. 1991;46(3):M69-76.
13. Mazo GZ, Mota J, Benedetti TB, Barros MVG. Validade concorrente e reprodutibilidade teste-reteste do questionário de Baecke modificado para idosos. *Rev Bras Ativ Fis Saúde*. 2001;6(1):5-11.
14. Folstein MF, Folstein SE, McHugh PR. Mini-mental state: a practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician. *J Psychiatr Res*. 1975;12(3):189-98.
15. Brucki SMD, Nitrini R, Caramelli P, Bertolucci PHF, Okamoto IH. Sugestões para o uso do mini-exame do estado mental no Brasil. *Arq Neuropsiquiatr*. 2003;61(3B):777-81.
16. Owsley C. Contrast sensitivity. *Ophthalmol Clin North Am*. 2003;16:171-7.
17. Kjaer PK, Salomão SR, Belfort Junior R, Colella AID. Validação clínica de teste psicofísico computadorizado para avaliação de visão de cores e sensibilidade ao contraste. *Arq Bras Oftalmol*. 2000;63(3):185-9.
18. Menz hb, Morris ME, Lord SR. Foot and ankle risk factors for falls in older people: a prospective study. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 2006;61(8):866-70.
19. Bonfim TR, Jansen Paccola CA, Barela JA. Proprioceptive and behavior impairments in individuals with anterior cruciate ligament reconstructed knees. *Arch Phys Med Rehabil*. 2003;84(8):1217-23.
20. Brown LE, Weir JP, Oliveira HB, Bottaro M, Lima LCJ, Fernandes Filho J. Recomendação de procedimentos da Sociedade Americana de Fisiologia de Exercício (ASEP) I: avaliação precisa da força e potência muscular. *Rev Bras Ciênc Mov*. 2003;11(4):95-110.
21. Freitas Junior PB. Características comportamentais do controle postural de jovens, adultos e idosos [dissertação]. Rio Claro (SP): Universidade Estadual Paulista; 2003.
22. Grenne HA, Madden DJ. Adult age differences in visual acuity, stereopsis and contrast sensitivity. *Am J Optom Physiol Opt*. 1987;64(10):749-53.
23. Verrillo RT, Verrillo V. Sensory and perceptual performance. In: Charness N, editor. *Ageing and human performance*. New York: John Wiley & Sons; 1985. p. 1.
24. Kenshalo DR. Somesthetic sensitivity in young and elderly humans. *J Gerontol*. 1986;41(6):732-42.
25. Perry SD. Evaluation of age-related plantar-surface insensitivity and onset age of advanced insensitivity in older adults using vibratory and touch sensation tests. *Neurosci Lett*. 2006;392(1-2):62-7.
26. Bullock-Saxton JE, Wong WJ, Hogan N. The influence of age on weight-bearing joint reposition sense of the knee. *Exp Brain Res*. 2001;136(3):400-6.
27. Hurley MV, Rees J, Newham DJ. Quadriceps function, proprioceptive acuity and functional performance in healthy young, middle-aged and elderly subjects. *Age Ageing*. 1998;27(1):55-62.
28. Petrella RJ, Lattanzio PJ, Nelson MG. Effect of age and activity on knee joint proprioception. *Am J Phys Med Rehabil*. 1997;76(3):235-41.
29. Klass M, Baudry S, Duchateau J. Aging does not affect voluntary activation of the ankle dorsiflexors during isometric, concentric, and eccentric contractions. *J Appl Physiol*. 2005;99(1):31-8.
30. Häkkinen K, Pastinen UM, Karsikas R, Linnamo V. Neuromuscular performance in voluntary bilateral and unilateral contraction and during electrical stimulation in men at different ages. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 1995;70(6):518-27.



31. Vandervoort AA. Effects of ageing on human neuromuscular function: implication for exercise. *Can J Sport Sci.* 1992;17(3):178-84.
32. Häkkinen K, Häkkinen A. Muscle cross-sectional area, force production and relaxation characteristics in women at different ages. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 1991;62(6):410-4.
33. Lin S, Woollacott MH. Postural muscle response following changing balance threats in young, stable older, and unstable older adults. *J Mot Behav.* 2002;34(1):37-44.
34. Woollacott MH, Shumway-Cook A, Nashner LM. Aging and posture control change in sensory organization and muscular coordination. *Int J Aging Hum Dev.* 1986;23(2):97-114.
35. Prioli AC, Freitas Junior PB, Barela JA. Physical activity and postural control in elderly: coupling between visual information and body sway. *Gerontology.* 2005;51(3):145-8.
36. Nashner LM. Analysis of stance posture in humans. In: Towe AL, Luschei ES, editors. *Handbook of behavioral neurology.* New York: Plenum; 1981. p.527-65.
37. Allison LK, Kiemel T, Jeka JJ. Multisensory reweighting of vision and touch is intact in healthy and fall-prone older adults. *Exp Brain Res.* 2006;175(2):342-52.