

Restrição visual e oscilações corporais ântero-posteriores na doença de Parkinson

Visual restriction and anterior-posterior body oscillations in Parkinson's disease

Mônica Del Rosario Sánchez-Arias¹, Ana Francisca Rozin Kleiner², Ágata Yoko Yasue Hamanaka¹,
Paulo Roberto Pereira Santiago³, Lillian Teresa Bucken Gobbi⁴, Florindo Stella⁵

ARTIGO ORIGINAL

RESUMO

Sem visão poucos ajustes antecipatórios e/ou compensatórios ocorrem na doença de Parkinson e as evidências destes ajustes são menores quando a evolução da doença e as oscilações corporais são consideradas. **Objetivo:** O objetivo deste estudo foi evidenciar os efeitos da restrição visual sobre os ângulos das oscilações corporais ântero-posteriores na postura ereta de parkinsonianos considerando os estágios iniciais de evolução da doença. **Método:** Dez idosos com Doença de Parkinson até o estágio 2 de Hoehn & Yahr (HY) ficaram de pé parados por 30 segundos para medir os ângulos das oscilações corporais com e sem visão. **Resultados:** ANOVA two-way com medidas repetidas revelou efeito principal de visão ($F_{(1,7)} = 8,931; p < 0,02$). **Conclusão:** Os ângulos das oscilações corporais ântero-posteriores sem visão foram maiores do que com visão, estes não diferiram entre si quanto aos estágios de HY e as condições de visão interferiram no controle da postura independente do estágio de evolução da Doença de Parkinson.

Palavras-chave: doença de parkinson, postura, transtorno de movimento estereotipado, transtornos da visão

ABSTRACT

With their vision restricted, sufferers of Parkinson's disease (PD) make few anticipatory and/or compensatory adjustments in their posture and the evidence of these adjustments is even less when the disease progresses and body oscillations are considered. **Objective:** The aim of this study was to demonstrate the effects of visual restriction on the anterior-posterior body oscillation angles in parkinsonian stance considering the early stages of this disease. **Method:** Ten elderly PD patients with Hoehn & Yahr (HY) stage 2 remained standing still for 30 seconds to measure the body oscillation angles with and without restricted vision. **Results:** Two-way ANOVA analyses with repeated measurements revealed the main effect of vision ($F_{(1,7)} = 8.931, p < 0.02$). **Conclusion:** The angles of the anterior-posterior body oscillations without visibility were greater than with visibility. They did not differ in correlation with the HY stages and visibility conditions interfered with the postural control regardless of the PD evolution stage.

Keywords: parkinson disease, posture, stereotypic movement disorder, vision disorders

¹ Mestre em Ciências da Motricidade Humana, Departamento de Educação Física, Laboratório de Estudos da Postura e Locomoção, Universidade Estadual Paulista - (UNESP).

² Doutoranda em Educação Física, Universidade Estadual de Campinas - (UNICAMP).

³ Doutor, Escola de Educação Física e Esporte de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo - (USP).

⁴ Doutora, Departamento de Educação Física, Laboratório de Estudos da Postura e Locomoção, Universidade Estadual Paulista - (UNESP).

⁵ Doutor, Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista - (UNESP), Ambulatório de Neuropsiquiatria e Saúde Mental do Idoso, Universidade Estadual de Campinas - (UNICAMP).

Endereço para correspondência:
Mônica Del Rosario Sánchez-Arias
E-mail: monsanche@gmail.com
CNPq e FUNDUNESP

Recebido em 10 de Fevereiro de 2012.
Aceito em 18 de Setembro de 2012.

DOI: 10.5935/0104-7795.20120025

INTRODUÇÃO

A disfunção de progressão lenta dos núcleos da base, causada pela degeneração do trajeto nigro-estriatal na doença de Parkinson (DP), altera o movimento voluntário, controle postural além de afetar em ocasiões a cognição.^{1,2,3,4} Alguns dos principais comprometimentos neuro-musculares na DP como, por exemplo: a acinesia, hipocinesia, rigidez de roda denteada, rigidez elevada do flexor do tronco e, tendência de assumir posturas fixas; mudam a capacidade de ficar em pé em uma postura ereta.^{1,3,5}

Conhecendo que a deterioração do equilíbrio está comumente presente na DP,⁶ no que se refere à instabilidade postural, o impedimento primário mais destacado nos idosos com esta doença é a insuficiente e lenta produção da força necessária para reagir às perturbações corporais, acompanhada da apresentação de respostas posturais inflexíveis, insuficientes e lentas.^{7,8}

Em relação às respostas posturais, os indivíduos com DP erram em fazer um ajuste de postura antecipatório, que pouco contribui para minimizar os deslocamentos do centro de massa frente a um movimento realizado, observando deste modo um declínio no controle do equilíbrio estático e quedas.¹

Sabe-se que de modo progressivo os indivíduos com DP têm grande dificuldade para executar movimentos auto-iniciados que comprometem o sistema motor³ e que evoluem por estágios clínicos próprios desta doença.

Ajustar o sistema sensorial e motor para o controle postural apresenta-se como uma dificuldade nos idosos. No caso específico do sistema visual, tem sido observado o efeito da informação visual central e periférica sobre o aumento das oscilações corporais de idosos sadios quando comparados com adultos jovens em situações experimentais com movimento discreto da sala móvel.⁹

As contribuições da informação visual no controle postural bípede, em relação às variações das oscilações corporais espontâneas em condições de restrição visual, têm sido estudadas extensivamente,^{10,11} entretanto, em idosos com DP, as evidências científicas são menores.

No caso de restrição visual, poucos ajustes antecipatórios e/ou compensatórios foram observados nos idosos com DP,¹² porém a variação dos ângulos das oscilações corporais espontâneas levando em consideração o estágio clínico de evolução da DP baseado na escala de Hoehn & Yahr (HY)¹³ e a restrição visual não tem sido fornecida.

A patogênese da alteração do equilíbrio postural na DP é pobremente compreendida¹⁴ e considerando que a instabilidade postural apresenta-se a partir do estágio clínico 3 na HY,¹³ mas com mudanças no equilíbrio postural nos estágios iniciais da doença, faz-se pertinente aprofundar no conhecimento sobre a manutenção da postura ereta quase estática em condições de restrição visual em indivíduos com DP que apresentam alterações do equilíbrio nos primeiros estágios de evolução da doença.

OBJETIVO

Neste contexto, o objetivo deste estudo foi evidenciar os efeitos da restrição visual sobre os ângulos das oscilações corporais ântero-posteriores na postura ereta de parkinsonianos considerando os estágios clínicos iniciais de evolução da doença.

MÉTODO

A amostra foi composta por 10 indivíduos com DP, 5 mulheres e 5 homens acima de 60 anos, recrutados na cidade de Rio Claro, interior do Estado de São Paulo. Foram incluídos idosos com DP até o estágio 2 de HY, não caído (sem sofrer quedas no período de 12 meses), com capacidades cognitivas preservadas, e foram excluídos os idosos com quadro de demência e que tivessem outras doenças que pudessem comprometer o equilíbrio postural. O comitê de ética aprovou o estudo pelo protocolo número 4960.

Um médico neurologista fez o diagnóstico da doença, um psiquiatra geriatria avaliou o estágio evolutivo pela escala de HY e com o objetivo de melhor caracterizar a amostra foi realizado grau de comprometimento da doença pela Unified Parkinson's Disease Rating Scale (UPDRS),¹⁵ e o estado mental global pelo mini exame do estado mental (MMSE). As características dos participantes apresentam-se na Tabela 1.

Antes do início da coleta de dados cada participante foi informado sobre o objetivo e os procedimentos experimentais do estudo e, após sua anuência, assinou um termo de consentimento livre e esclarecido.

Marcadores reflexivos, com 15 mm de diâmetro, foram posicionados no maléolo lateral e no processo da clavícula do hemitórax direito de cada participante. A tarefa consistia em o participante ficar em pé parado durante trinta segundos nas condições com visão (olhos

abertos) e sem visão (olhos fechados). Em cada condição experimental só uma tentativa foi analisada. Todos os testes foram aplicados com o participante sob o efeito da medicação antiparkinsoniana.

A coleta de dados foi feita por uma câmera digital a 60 Hz. A captura das imagens foi feita por uma placa de vídeo Pinnacle (modelo Studio DV, versão 1.05.307) acoplada a um computador.

As trajetórias bidimensionais dos marcadores foram obtidas através de procedimentos de cinemática, utilizando o *software* Dvideo.^{16,17} O espaço bidimensional foi calibrado utilizando dois fios de prumo contendo seis marcadores com posições conhecidas em relação ao sistema cartesiano de coordenadas x e y . O eixo y foi definido no sentido vertical, orientado para cima. O eixo x foi definido na horizontal, orientado no sentido anterior do participante, e sendo ortogonal ao eixo y .

Para o processo de reconstrução bidimensional das imagens, foi realizado um teste de acurácia¹⁸ cujo valor de 4.8 mm foi aceitável tendo em vista a magnitude de movimento do fenômeno analisado e sua relação com o raio dos marcadores reflexivos. Após a reconstrução bidimensional, foram obtidos conjuntos de dados discretos para as coordenadas x e y de cada marcador em função do tempo ($x(t)$ e $y(t)$). Para todos os procedimentos de tratamento, análise e cálculo das variáveis dependentes cinemáticas foi utilizado o *software* MATLAB 7.0®.

O filtro *Butterworth*, de segunda ordem, com frequência de corte de 5 Hz foi utilizado para a suavização dos dados.¹⁹ E, para o cálculo das variáveis dependentes primeiro foi calculado o vetor para a representação da posição ereta do participante em cada instante de tempo durante a tarefa (equação 1). O ângulo de oscilação absoluto foi definido como o ângulo formado entre o vetor posição ereta e o vetor do eixo y do sistema de referências adotado (equação 2).

$$(1) \text{vpe}(i) = \text{cla}(i) - \text{tor}(i) \quad (2) \text{aoa}(i) = \cos^{-1} \left(\frac{\text{vpe}(i) \bullet y}{\|\text{vpe}(i)\| \|y\|} \right) \times \frac{180}{\pi}$$

Assim, $\text{vpe}(i)$ foi o vetor posição ereta no instante de tempo i ($i = 1, \dots, n$); $\text{aoa}(i)$ foi o ângulo de oscilação absoluto; $\text{cla}(i)$ e $\text{tor}(i)$ foram as coordenadas x e y dos marcadores do processo da clavícula e do tornozelo respectivamente; e os símbolos \bullet , $-$, $\|$ representam, respectivamente, as operações do produto escalar, subtração e norma vetorial em R^2 . Consequentemente, para calcular a variável de amplitude angular média de oscilação corporal utilizou-se aoa .

Tabela 1. Características dos participantes

P	Sexo	Idade	HY	UPDRS Total	MMSE	Medicamentos
A	H	74	1	25	29	Pramipexol, Biperideno
B	M	81	1	16	30	Selergilina
C	M	66	1	13	27	Pramipexol
D	M	60	2	47	29	Amantadina, Levodopa
E	H	75	1,5	33	24	Levodopa, Selergilina, Biperideno
G	H	69	1	29	29	Biperideno, Levodopa/Benserazida
H	H	60	1	28	28,5	Pramipexol
I	M	71	1,5	18	28	Levodopa/Benserazida
J	H	78	2	58	23	Levodopa/Benserazida
K	M	67	1	19	29	Pramipexol, Selergilina, Levodopa/Benserazida

P: Participante; H: Homem; M: Mulher; Idade (anos); HY: Hoehn-Yahr; UPDRS: Unified Parkinson's Disease Rating Scale; MMSE: Mini exame do estado mental

Os ângulos absolutos das oscilações foram normalizados através da subtração da média dos valores das oscilações em cada instante de tempo (equação 3) e pode-se assim conhecer a tendência anterior e posterior (na direção ântero-posterior) e a tendência à direita e à esquerda (na direção médio-lateral) das oscilações corporais nas condições de olhos abertos e fechados.

$$(3) \text{ a oan}(i) = \text{ a oa}(i) - \left(\frac{1}{n} \times \sum_{i=1}^n \text{ a oa}(i) \right)$$

A normalidade e homogeneidade dos dados com Shapiro-Wilk e Levene, respectivamente foi comprovada, desta forma os dados foram comparados pela estatística paramétrica. Foram utilizadas estatística descritiva (média e desvio padrão) e ANOVA two-way tendo como variáveis independentes as condições de visão e o estágio clínico de evolução da doença, com medidas repetidas nas condições de visão, e como variável dependente, as oscilações ântero-posteriores. Para o tratamento estatístico dos dados utilizou-se e o *software* SPSS® (SPSS for Windows, versão 10.0) e adotou-se o nível de significância de $p < 0,05$.

RESULTADOS

A ANOVA two-way com medidas repetidas não revelou efeito principal para o estágio clínico da doença ($F_{(2,7)} = 0,159$; $p > 0,05$) ou interação entre os fatores ($F_{(2,7)} = 2,231$; $p > 0,05$). Porém, a análise revelou efeito principal de visão nas oscilações ântero-posteriores ($F_{(1,7)} = 8,931$; $p < 0,02$) Sendo que os ângulos das oscilações corporais ântero-posteriores foram maiores na condição sem visão do que na condição com visão (Figuras 1 e 2).

Os valores da média e desvio padrão dos ângulos das oscilações corporais ântero-posteriores dos dez participantes nas condições com visão e sem visão apresentam-se na Tabela 2 e os ângulos das oscilações corporais ântero-posteriores de um participante nas condições com visão e sem visão apresentam-se na Figura 3.

DISCUSSÃO

O propósito do presente estudo foi evidenciar os efeitos da restrição visual sobre os ângulos das oscilações corporais ântero-posteriores na postura ereta quase estática de idosos com DP considerando os estágios iniciais de evolução da doença. Neste sentido, diferenças significativas nos ângulos das oscilações corporais ântero-posteriores

entre as duas condições visuais foram evidenciadas; os ângulos das oscilações corporais ântero-posteriores aumentaram na condição sem visão em comparação à condição com visão, conseqüentemente, observou-se o efeito da restrição visual na postura ereta quase estática dos idosos com DP que participaram desta pesquisa. Porém, os ângulos das oscilações corporais ântero-posteriores destes idosos não diferiram entre si quando foi considerado o estágio clínico de evolução da doença.

Resultados semelhantes em relação ao comportamento das oscilações corporais foram reportados. Em idosos com DP, durante a tarefa de postura ereta quase estática sobre uma superfície rígida e de espuma, os valores da velocidade angular de oscilação do tronco na direção ântero-posterior foram significativamente maiores sem visão do que com visão, assim, constatou-se o efeito da restrição visual nestas condições experimentais. Além disso, foi reportado que mesmo sob efeito do medicamento estes idosos tinham um pobre controle do equilíbrio na posição ereta.²⁰

O efeito da restrição visual sobre o aumento da oscilação corporal tem sido apontado em diferentes pesquisas.²¹⁻²⁴ Porém, existem controvérsias em relação ao aumento das oscilações corporais ântero-posteriores em condições de restrição visual quando se compara o comportamento oscilatório do corpo entre idosos com DP e idosos saudáveis.^{21,24-27}

Na presente pesquisa, e sem ter feito comparação com idosos saudáveis, os resultados confirmaram que a restrição visual gerou um aumento dos ângulos das oscilações corporais ântero-posteriores nos idosos com DP.

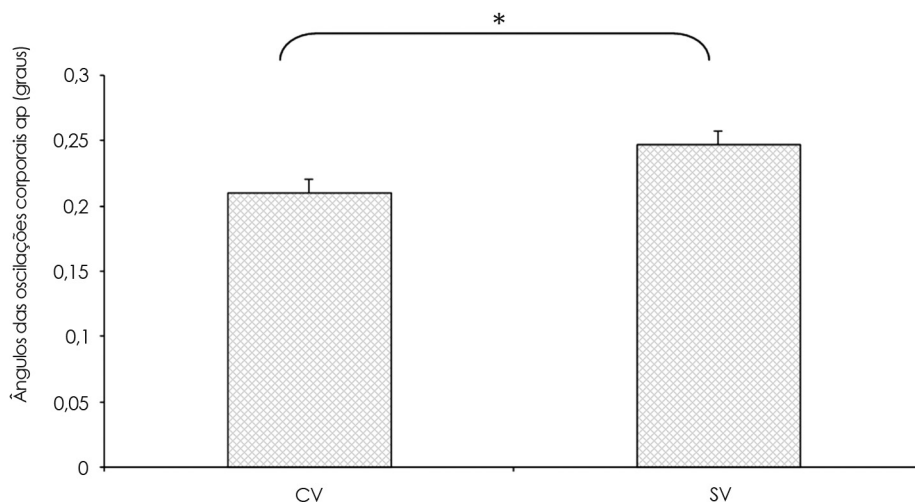


Figura 1. Média e desvio padrão dos ângulos das oscilações corporais ântero-posteriores (ap), em graus, dos idosos com doença de Parkinson nas condições com visão (CV) e sem visão (SV)

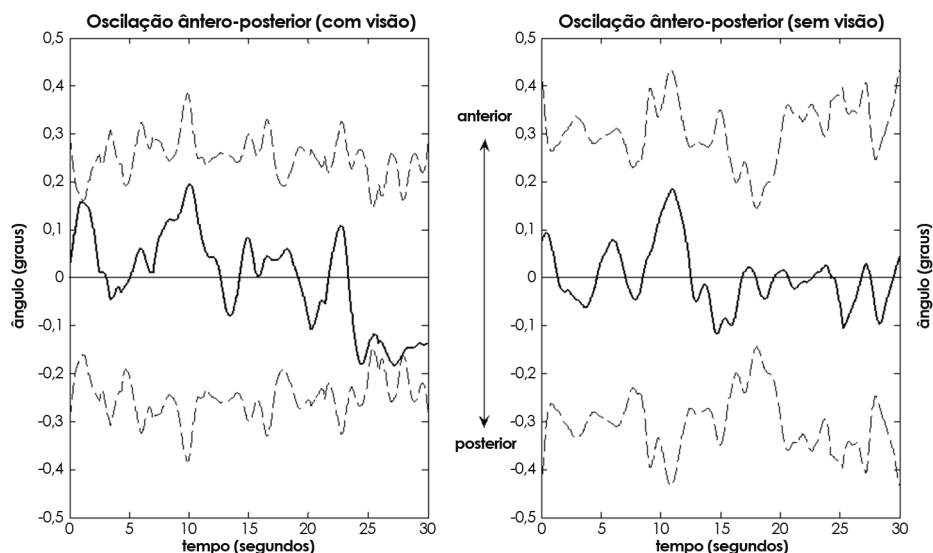


Figura 2. Representação da média e desvio padrão dos ângulos das oscilações corporais ântero-posteriores dos dez participantes nas condições com visão e sem visão

Estudos em DP têm utilizado ferramentas e cálculos diferentes para medir as oscilações corporais na direção ântero-posterior.^{12,20,24,28} No caso desta pesquisa, foi utilizada a videogrametria para medir os ângulos absolutos das oscilações corporais. Possivelmente, a utilização de diferentes ferramentas, cálculos e distintos procedimentos experimentais possa parcialmente justificar as controvérsias entre as evidências quando se compara o comportamento das oscilações corporais, e mais especificamente, quando se trata de observar os efeitos da informação visual no controle postural em idosos com DP.

O aumento dos ângulos das oscilações corporais ântero-posteriores com restrição visual pode ser explicado, em parte, pela repesagem sensorial. Quando se perturba um canal sensorial e muda a quantidade das informações disponíveis, a repesagem dos sinais sensoriais responde às mudanças do ambiente e da amplitude do estímulo.²⁹ Especificamente, quando os idosos ficam sem visão, o peso da informação visual é diminuído, dramaticamente, e distribuído entre os canais somatossensoriais e vestibulares para controlar a postura.

Também para justificar os resultados, pode-se considerar o papel do sistema visual no

aperfeiçoamento das oscilações corporais e da orientação do corpo no espaço. A disponibilidade da visão fornece informação acurada da orientação postural e ajuda a refinar o controle do equilíbrio postural.³⁰ Conseqüentemente, não ter a visão disponibilizada pode aumentar os ângulos das oscilações corporais ântero-posteriores.

Nas tarefas de postura e de locomoção o corpo confia no sistema visual, no entanto, é conhecido que as pessoas podem apresentar um maior ou menor grau de dependência da informação visual para controlar a postura,^{31,32} assim, o aumento dos ângulos das oscilações corporais ântero-posteriores com restrição visual pode-se entender também pelo possível maior grau de dependência da informação visual para controlar a postura dos parkinsonianos que participaram desta pesquisa.

Por outro lado, o aumento da atividade muscular estocástica, em condições de restrição visual foi observado nos idosos com DP e nos idosos sadios quando comparados com indivíduos jovens; entretanto, ausências de ajustes posturais compensatórios foram observadas nos idosos com DP. Conseqüentemente, o aumento da atividade muscular estocástica foi considerado com um indicador específico da

idade, no entanto, a ausência de ajustes posturais compensatórios foi considerada como indicadora específica de progressão da doença.¹² Neste sentido, esperava-se encontrar um provável efeito do estágio clínico de evolução da doença nos níveis iniciais, medido pela escala de HY, sobre os ângulos das oscilações corporais ântero-posteriores nas condições visuais. Porém, observou-se que os ângulos das oscilações corporais ântero-posteriores nas condições com e sem visão não foram influenciados pelos estágios clínicos iniciais de evolução da doença.

Recentemente, ausência de correlação entre a escala de HY, em 55 parkinsonianos em estágio clínico de 1 até 3 de HY, com a amplitude de deslocamento do CP na direção ântero-posterior nas condições com e sem visão foi reportada.²¹ Considerando que na presente pesquisa o tamanho da amostra e a variável de oscilação corporal foram diferentes, possivelmente, a ausência de efeito do estágio clínico de evolução da doença nos níveis iniciais seja devida à ausência de relação entre a escala de HY e a oscilação corporal.

Retomando que, a partir do estágio 3 de HY, a instabilidade postural e a deterioração das reações de equilíbrio são mais evidentes,^{14,33} poderia-se pensar que a ausência de efeito dos estágios clínicos iniciais da doença sobre as oscilações corporais na direção ântero-posterior, nesta pesquisa, foi devido, aos estágios 1 até 2 de HY característicos da amostra, estágios que ainda não evidenciam maior deterioração das reações de equilíbrio, mas surge a pergunta se considerando estágios acima de 3 de HY, os quis evidenciam instabilidade postural, com teste de retropulsão, preserva-se a ausência do efeito da evolução da doença nas oscilações corporais ântero-posteriores com restrição visual, e ainda se considerando uma perturbação mecânica forte que reproduza as reações de equilíbrio, preserva-se a ausência do efeito da evolução da doença nas oscilações corporais ântero-posteriores com restrição visual tanto nos estágios iniciais quanto nos moderados de HY.

As oscilações ântero-posteriores da cabeça com teste dinâmico e estático em condição de visão em idosos com DP foram avaliadas em idosos caídos e não caídos.

Tabela 2. Valores da média e desvio padrão dos ângulos das oscilações corporais ântero-posteriores (graus) dos dez participantes nas condições com visão (CV) e sem visão (SV)

Participantes	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
CV	0,32 ± 0,22	0,11 ± 0,08	0,14 ± 0,12	0,30 ± 0,16	0,17 ± 0,11	0,23 ± 0,15	0,24 ± 0,17	0,19 ± 0,14	0,12 ± 0,08	0,28 ± 0,16
SV	0,39 ± 0,28	0,11 ± 0,09	0,15 ± 0,12	0,34 ± 0,20	0,24 ± 0,14	0,22 ± 0,15	0,30 ± 0,24	0,24 ± 0,16	0,27 ± 0,14	0,23 ± 0,13

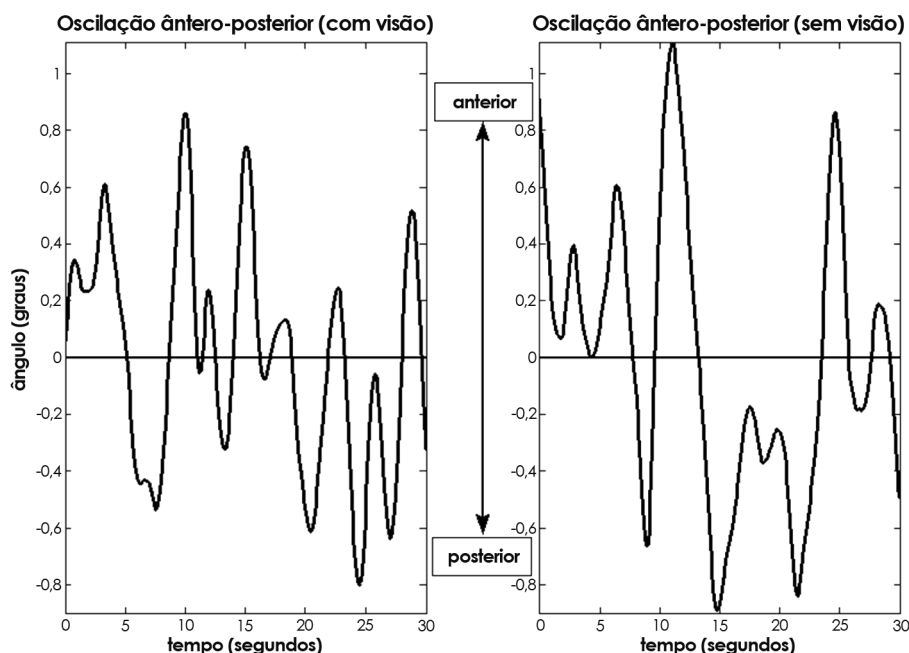


Figura 3. Representação dos ângulos das oscilações corporais ântero-posteriores de um participante nas condições com visão e sem visão

Os caidores mostraram aumento das oscilações da cabeça que foi acrescentado com o efeito de Levodopa, indicando uma tendência do medicamento para piorar a capacidade de equilíbrio.²⁴ Na presente pesquisa, 6 parkinsonianos faziam uso de Levodopa condição que faz pensar em uma possível interferência do medicamento sobre os ângulos das oscilações corporais, mas neste caso, dita interferência é desconhecida. Ainda, acrescenta-se a pergunta se considerando estágios acima de 3 de HY preserva-se a ausência do efeito da evolução da doença nas oscilações corporais ântero-posteriores com restrição visual considerando a história de quedas.

Os estágios iniciais evolutivos da doença não tiveram efeitos sobre as oscilações corporais ântero-posteriores na postura ereta quieta dos idosos com DP analisados neste estudo. Tendo em conta que o conhecimento do perfil evolutivo da DP ainda está pobremente entendido³⁴ e que em muitas ocasiões o comportamento oscilatório do corpo têm sido contraditório nesta população,³⁵ pode se dizer que falta maior evidência e compreensão do comportamento das oscilações corporais, as mudanças do equilíbrio estático e controle postural como fenômenos que acompanham a doença e percorrem no tempo.

CONCLUSÃO

Finalmente, os resultados permitiram concluir que houve um efeito da restrição visual sobre os ângulos das oscilações corporais ântero-posteriores na postura ereta quase estática sendo aumentados na condição sem visão; os ângulos das oscilações ântero-posteriores não diferiram entre si quanto foram considerados os estágios 1 até 2 de HY e independente dos estágios clínicos iniciais de evolução da doença as condições de visão interferiram no controle da postura ereta quase estática nos idosos com DP.

AGRADECIMENTOS

Carolina Rodrigues Alves Silveira; Frederico Pieruccini Faria.

REFERÊNCIAS

- Morris ME, Iansek R. Characteristics of motor disturbance in Parkinson's disease and strategies for movement rehabilitation. *Human Movement Sci.* 1996;15(5):649-69.
- Quek F, Bryll R, Ramig L. Toward vision and gesture based evaluation of parkinson disease from discourse video. In: *IEEE Workshop on Cues in Communication*; 2001 Dec 11-13; Kauai, Hawaii.

- Shumway-Cook A, Woollacott MH. Restrições do controle motor: um resumo geral dos comprometimentos neurológicos. In: Shumway-Cook A, Woollacott MH. *Controle motor: teoria e aplicações práticas*. São Paulo: Manole; 2003. p.119-51.
- Stella F, Gobbi LTB, Gobbi S, Oliani MM, Tanaka T, Pieruccini-Faria F. Early impairment of cognitive functions in Parkinson's disease. *Arq Neuropsiquiatr.* 2007;65(2):406-10.
- Fernández-Del Olmo M, Arias P, Cudeiro-Mazaira FJ. Facilitación de la actividad motora por estímulos sensoriales en la enfermedad de Parkinson. *Rev Neurol.* 2004;39(9):841-7.
- Bronte-Stewart HM, Minn AY, Rodrigues K, Buckley EL, Nashner LM. Postural instability in idiopathic Parkinson's disease: the role of medication and unilateral pallidotomy. *Brain.* 2002;125(Pt 9):2100-14.
- Rogers MW. Control of posture and balance during voluntary movements in Parkinson's disease. In: Duncan P, ed. *Balance: proceedings of the APTA Forum*. Alexandria: American Physical Therapy Association; 1990. p.79-86.
- Romero DH, Stelmach GE. Changes in postural control with aging and Parkinson's disease. *IEEE Eng Med Biol Mag.* 2003;22(2):27-31.
- 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):P51-P58.
- Musulino MC, Loughlin PJ, Sparto PJ, Redfern MS. Spectrally similar periodic and non-periodic optic flows evoke different postural sway responses. *Gait Posture.* 2006;23(2):180-8.
- Kleiner AFR, Schlittler DXC, Sánchez-Arias MDR. O papel dos sistemas visual, vestibular, somatosensorial e auditivo para o controle postural. *Rev Neurocienc* 2011;19(2):349-57.
- Bosek M, Grzegorzewski B, Kowalczyk A, Lubiński I. Degradation of postural control system as a consequence of Parkinson's disease and ageing. *Neurosci Lett.* 2005;376(3):215-20.
- Hoehn MM, Yahr MD. Parkinsonism: onset, progression and mortality. *Neurology.* 1967;17(5):427-42.
- Roniger LR. Trunk Sway may predict Parkinson's balance problems. *Biomech.* 2006;13(1):19-20.
- Fahn S, Elton RL. The unified Parkinson's disease rating scale. In: Fahn S, Marsden CD, Calne DB, Goldstein M. Editors. *Recent developments in Parkinson's disease*. New York: MacMillan; 1987. p.153-64.
- Barros RML, Brenzikofer R, Leite NJ, Figueroa PJ. Desenvolvimento e avaliação de um sistema para análise cinemática tridimensional de movimentos humanos. *Rev Bras Eng Biom.* 1999;15(1-2):79-86.
- Figueroa PJ, Leite NJ, Barros RM. A flexible software for tracking of markers used in human motion analysis. *Comput Methods Programs Biomed.* 2003;72(2):155-65.
- Vuolo JH. *Fundamentos da teoria de erros*. São Paulo: Edgard Blücher; 1996.
- Cunha SA, Lima Filho EC. Metodologia para suavização de dados biomecânicos por função não paramétrica ponderada local robusta. *Rev Bras Biom.* 2003; 6(1):23-8.
- Adkin AL, Bloem BR, Allum JH. Trunk sway measurements during stance and gait tasks in Parkinson's disease. *Gait Posture.* 2005;22(3):240-9.

21. Błaszczyk JW, Orawiec R, Duda-Klodowska D, Opala G. Assessment of postural instability in patients with Parkinson's disease. *Exp Brain Res.* 2007;183(1):107-14.
22. Brown LA, Cooper SA, Doan JB, Dickin DC, Whishaw IQ, Pellis SM, et al. Parkinsonian deficits in sensory integration for postural control: temporal response to changes in visual input. *Parkinsonism Relat Disord.* 2006;12(6):376-81.
23. Dijkstra TMH. A gentle introduction to the dynamic set-point model of human postural control during perturbed stance. *Human Movement Sci.* 2000;19(4):567-95.
24. Nardone A, Schieppati M. Balance in Parkinson's disease under static and dynamic conditions. *Mov Disord.* 2006;21(9):1515-20.
25. Horak FB, Nutt JG, Nashner LM. Postural inflexibility in parkinsonian subjects. *J Neurol Sci.* 1992;111(1):46-58.
26. Beckley DJ, Bloem BR, Remler MP. Impaired scaling of long latency postural reflexes in patients with Parkinson's disease. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol.* 1993;89(1):22-8.
27. Schieppati M, Hugon M, Grasso M, Nardone A, Galante M. The limits of equilibrium in young and elderly normal subjects and in parkinsonians. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol.* 1994;93(4):286-98.
28. Abe PT, Vitorino DFM, Guimarães LHCT, Cereda RA, Milagre VLR. Análise do equilíbrio nos pacientes com doença de Parkinson grau leve e moderado através da fotogrametria. *Rev Neurocienc.* 2004; 12(2):73-6.
29. Oie KS, Kiemel T, Jeka JJ. Multisensory fusion: simultaneous re-weighting of vision and touch for the control of human posture. *Brain Res Cogn Brain Res.* 2002;14(1):164-76.
30. Paulus WM, Straube A, Brandt T. Visual stabilization of posture. Physiological stimulus characteristics and clinical aspects. *Brain.* 1984;107 (Pt 4):1143-63.
31. Collins JJ, De Luca CJ. The effects of visual input on open-loop and closed-loop postural control mechanisms. *Exp Brain Res.* 1995;103(1):151-63.
32. Duarte M, Mochizuki L. Análise estabilográfica da postura ereta humana. In: Teixeira LA. *Avanços em comportamento motor.* São Paulo: Movimento; 2001. p.89-121.
33. Goetz CG, Poewe W, Rascol O, Sampaio C, Stebbins GT, Counsell C, et al. Movement Disorder Society Task Force report on the Hoehn and Yahr staging scale: status and recommendations. *Mov Disord.* 2004;19(9):1020-8.
34. Grupo ELEP. A longitudinal study of patients with Parkinson's disease (ELEP): aims and methodology. *Rev Neurol.* 2006;42(6):360-5.
35. Mitchell SL, Collins JJ, De Luca CJ, Burrows A, Lipsitz LA. Open-loop and closed-loop postural control mechanisms in Parkinson's disease: increased mediolateral activity during quiet standing. *Neurosci Lett.* 1995;197(2):133-6.