



ARTIGO ORIGINAL

Postural control in Parkinson's disease[☆]

Jackeline Yumi Fukunaga^{a,*}, Rafaela Maia Quitschal^a, Flávia Doná^b,
Henrique Ballalai Ferraz^c, Maurício Malavasi Ganança^d, Heloísa Helena Caovilla^e

^a Programa de Pós-Graduação em Distúrbios da Comunicação Humana, Universidade Federal de São Paulo (UNIFESP), São Paulo, SP, Brasil

^b Programa de Reabilitação do Equilíbrio Corporal e Inclusão Social, Universidade Bandeirante de São Paulo (UNIBAN), São Paulo, SP, Brasil

^c Setor de Distúrbios do Movimento, Disciplina de Neurologia, Universidade Federal de São Paulo (UNIFESP), São Paulo, SP, Brasil

^d Escola Paulista de Medicina, Universidade Federal de São Paulo (UNIFESP), São Paulo, SP, Brasil

^e Disciplina de Otologia e Otoneurologia, Escola Paulista de Medicina, Universidade Federal de São Paulo (UNIFESP), São Paulo, SP, Brasil

Recebido em 30 de agosto de 2013; aceito em 6 de dezembro de 2013

KEYWORDS

Parkinson disease;
Postural balance;
Vestibular function
tests

Abstract

Introduction: Postural instability is one of the most disabling features of Parkinson's disease.

Objective: To evaluate postural balance in Parkinson's disease.

Methods: Thirty patients with Parkinson's disease were compared with controls using Tetrax™ interactive balance system posturography.

Results: For different positions, patients with Parkinson's disease showed a significantly higher weight distribution index, fall risk index, Fourier transformation at low-medium frequencies (F2-F4), and significantly lower right/left and toe/heel synchronization *versus* controls.

Conclusion: Postural imbalance in Parkinson's disease patients is characterized by the abnormalities of weight distribution index, synchronization index, Fourier transformation index, and fall risk index as measured by Tetrax™ posturography.

© 2014 Associação Brasileira de Otorrinolaringologia e Cirurgia Cérvico-Facial. Published by Elsevier Editora Ltda. All rights reserved.

PALAVRAS-CHAVE

Doença de Parkinson;
Equilíbrio postural;
Testes de função
vestibular

Controle postural na Doença de Parkinson

Resumo

Introdução: A instabilidade postural é um dos principais problemas na doença de Parkinson.

Objetivo: Avaliar o controle postural na doença de Parkinson.

Método: Um grupo de 30 pacientes com doença de Parkinson foi comparado com um grupo controle à posturografia estática do Tetrax Interactive Balance System (Tetrax™).

DOI se refere ao artigo: <http://dx.doi.org/10.1016/j.bjorl.2014.05.032>

[☆]Como citar este artigo: Fukunaga JY, Quitschal RM, Doná F, Ferraz HB, Ganança MM, Caovilla HH. Postural control in Parkinson's disease. Braz J Otorhinolaryngol. 2014;80:508-14.

* Autor para correspondência.

E-mail: jackeline_fukunaga@yahoo.com.br (J.Y. Fukunaga).

Resultados: Em diferentes condições sensoriais, houve diferenças significantes entre os dois grupos, tendo sido encontrados nos parkinsonianos valores maiores do índice de distribuição de peso, do índice de risco de queda e da faixa de frequência F2-4 e valores menores da sincronização da oscilação postural direito-esquerda e dedos/calcanhares.

Conclusão: O comprometimento do controle postural em pacientes com doença de Parkinson é caracterizado por alterações na distribuição de peso, na sincronização da oscilação postural direita/esquerda e dedos/calcanhares, nas faixas de frequência de oscilação postural e no índice de risco de queda à posturografia do Tetrax™.

© 2014 Associação Brasileira de Otorrinolaringologia e Cirurgia Cérvico-Facial. Publicado por Elsevier Editora Ltda. Todos os direitos reservados.

Introdução

O equilíbrio postural pode ser definido como a capacidade do ser humano em manter-se ereto e executar movimentos do corpo sem apresentar oscilações ou quedas. Sua manutenção é determinada pela integração de informações no sistema nervoso central, provenientes dos sistemas vestibular, visual e proprioceptivo, que desencadeiam reflexos oculares e espinais.¹⁻⁴ O reflexo vestibulo-ocular (RVO) gera movimentos oculares, promovendo a estabilização do olhar durante a movimentação cefálica; o reflexo vestibuloespinal (RVE) gera movimentos corporais compensatórios com o objetivo de manter a estabilidade cefálica e postural.⁵

A doença de Parkinson é uma afecção degenerativa do sistema nervoso central, crônica e progressiva. Atinge todas as faixas etárias, porém é mais encontrada na população idosa. Pode ser considerada a segunda doença neurodegenerativa senil mais comum, acometendo cerca de 1 a 2% da população acima dos 65 anos de idade.⁶ Pode ocorrer nas diferentes raças, classes sociais e ambos os gêneros, porém é prevalente no masculino.⁷

A doença de Parkinson é caracterizada por rigidez, bradicinesia, micrografia, face em máscara, alterações posturais e tremor de repouso. As alterações posturais que podem ser encontradas são: falta de reação de equilíbrio, adoção da postura em flexão e diminuição da rotação do tronco.⁸ Considera-se que o risco de quedas em parkinsonianos seja variável entre 38 e 68%, e que quedas recorrentes ocorram mais frequentemente nos estágios mais avançados da afecção.⁹

A fisiopatologia da doença de Parkinson consiste na perda progressiva de células da substância negra do mesencéfalo. A degeneração dos neurônios da substância negra resulta na diminuição da produção de dopamina, com despigmentação dessa estrutura.^{7,8}

A etiologia é desconhecida e acredita-se que os mecanismos etiopatogênicos envolvidos sejam multifatoriais, como: estresse oxidativo; anormalidades mitocondriais; excitotoxicidade; fatores gliais e inflamatórios; neurotoxinas ambientais; fatores genéticos; e envelhecimento cerebral.^{10,11}

Os pacientes com doença de Parkinson apresentam maior dificuldade para executar movimentos simultâneos e tarefas em sequência do que tarefas simples, necessitando finalizar a execução de um movimento antes de iniciar o próximo.⁸

A instabilidade postural é um dos principais problemas na doença de Parkinson, pois aumenta a frequência de episódios de queda e suas sequelas; a probabilidade de quedas aumenta conforme a extensão e duração da doença.^{8,12}

Com a progressão da doença há o comprometimento da marcha, denominada festinação, caracterizada pela dimi-

nuição da velocidade e encurtamento da passada, como se o indivíduo perseguisse seu próprio centro de gravidade, com tendência de tombar para frente. A marcha festinante pode ser causada pela alteração do centro de pressão e centro de massa, ocasionando a redução das respostas de equilíbrio, ou como resultado de alterações na cinemática da marcha. Estas últimas incluem alterações na excursão das articulações e flexão do quadril, os quais podem modificar a excursão do calcanhar. Em vez de uma progressão calcanhar-dedo, o paciente faz contato com o solo com o pé plano ou, com o avanço da doença, há uma progressão dedo-calcanhar, comprometendo significativamente a marcha.^{8,13}

A posturografia mede a instabilidade postural, auxilia na análise do aspecto funcional da disfunção que causa o desequilíbrio corporal,^{8,14,15} complementa os testes convencionais de diagnóstico vestibular e é relevante para o estadiamento, tratamento e prognóstico da doença de Parkinson,^{16,17} podendo identificar os primeiros sinais de comprometimento do equilíbrio em diferentes condições, como olhos abertos, olhos fechados e em superfícies instáveis.^{8,18}

Pesquisas mostram que indivíduos hígidos apresentam melhor controle postural e limite de estabilidade maior do que pacientes com doença de Parkinson no período *on*, fase que o paciente está sob efeito do medicamento antiparkinsoniano e apresenta melhor desempenho motor e *off*, período em que não há efeito da medicação, com consequente piora dos sintomas; parkinsonianos no período *on* apresentaram melhor desempenho do que pacientes no período *off*.^{19,20}

A maioria dos dispositivos posturográficos utilizados atualmente pressupõe que os mecanismos envolvidos no controle postural podem ser mensurados por meio da análise da oscilação postural manifestada pelo deslocamento do centro de gravidade ou do centro de pressão, enquanto o indivíduo permanece em pé sobre uma plataforma sensível à pressão. Na posturografia do *Tetrax Interactive Balance System* (Tetrax™), criada por *Kohen-Raz* com quatro plataformas, o controle postural é investigado por meio da diferença de pressão exercida em cada uma delas. Este equipamento possibilita obter e comparar separadamente os valores das partes anterior e posterior de cada pé (dedos e calcanhar) e de cada calcanhar com a parte anterior do pé contralateral.²¹

O equilíbrio corporal de indivíduos hígidos foi analisado ao Tetrax™ em diferentes condições sensoriais (olhos abertos e olhos fechados e com a cabeça voltada 45° para direita e para a esquerda, ou inclinada 30° para frente e para trás, em superfície firme e instável), quanto ao índice de estabilidade geral, ao índice de distribuição de peso, à sincronização direita/esquerda, à sincronização dedos/calcanhar e ao risco de queda.²²

O nosso interesse em realizar esta pesquisa foi motivado por termos encontrado apenas dois artigos que utilizaram o Tetrax™ em pacientes com doença de Parkinson^{23,24} e pela necessidade de uma avaliação mais ampla o controle postural de pacientes com esta afecção.

Objetivo

O objetivo desta pesquisa foi avaliar o controle postural na doença de Parkinson.

Método

Este estudo, de caráter clínico e transversal, com amostra consecutiva, foi iniciado após a avaliação e aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa com seres humanos sob o número 1415-11. Todos os voluntários foram avaliados entre os anos de 2011 e 2012 e foram informados sobre os procedimentos que seriam realizados, assinando o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido para permitir a participação do estudo e posterior divulgação dos resultados.

Foram incluídos 30 pacientes do gênero feminino ou masculino com diagnóstico neurológico de doença de Parkinson idiopática (grupo experimental), classificados nos estágios I a III da Escala de Hoehn e Yahr.²⁵ O diagnóstico foi baseado nos critérios do Banco de Cérebro para Doenças Neurológicas do Hospital Nacional de Neurologia e Neurocirurgia de Londres, que requer a presença de bradicinesia e de pelo menos mais um dos três sinais cardinais da doença de Parkinson, tremor de repouso, rigidez muscular e instabilidade postural.²⁶

O grupo controle, homogêneo quanto à idade e ao gênero em relação ao grupo experimental, foi constituído por 29 voluntários provenientes da comunidade. Os critérios de inclusão para este grupo foram: ausência de doenças neurológicas e de desequilíbrio corporal, sem histórico de sintomas vestibulares e/ou auditivos, exame vestibular com vectoeletroneistagmografia dentro dos parâmetros de referência.

Foram excluídos os pacientes que apresentaram alterações de orelha externa e/ou média, distúrbios psiquiátricos, histórico de cirurgia otológica, com incapacidade de compreender e atender comando verbal simples, impossibilitados de permanecer de forma independente na posição ortostática, com comprometimento visual grave ou não compensado com uso de lentes corretivas, com distúrbios ortopédicos que resultam em limitação de movimento, utilização de próteses em membros inferiores e que tenham realizado reabilitação do equilíbrio corporal nos últimos seis meses.

Os pacientes com doença de Parkinson foram avaliados no período *on*, cerca de 40 minutos a duas horas após a administração da levodopa, quando apresentam melhor desempenho motor.²⁷

A posturografia estática, realizada por meio do Tetrax™ da Sunlight Medical Ltd., incluiu programa específico instalado em um computador, em plataforma composta por quatro outras independentes (A-B-C-D) e integradas, colocada sobre piso nivelado sem carpete, com corrimão e colchonetes de espuma.

Os pacientes posicionaram os dedos dos pés e calcanhares sobre as quatro plataformas (A - calcanhar esquerdo; B - dedos do pé esquerdo; C - calcanhar direito; D - dedos do

pé direito) com os braços estendidos ao longo do corpo, e foram orientados a manterem a postura ereta, estável e imóvel durante 32 segundos em cada uma das oito condições sensoriais: rosto para frente, olhos abertos, fixando um alvo na parede oposta à plataforma, em superfície firme (NO); rosto para frente, olhos fechados, em superfície firme (NC); olhos fechados, cabeça com rotação de 45° graus para a direita, em superfície firme (HR); olhos fechados, cabeça com rotação de 45° graus para a esquerda, em superfície firme (HL); olhos fechados, cabeça inclinada 30° para trás, em superfície firme (HB); olhos fechados, cabeça inclinada 30° para frente, em superfície firme (HF); rosto para frente, olhos abertos, fixando um alvo na parede oposta à plataforma, em superfície instável, sobre uma almofada (PO); rosto para frente, olhos fechados, em superfície instável, sobre uma almofada (PC).

A posturografia do Tetrax™ avaliou os seguintes parâmetros: índice de estabilidade, índice de distribuição de peso, índice de sincronização da oscilação postural direita/esquerda e dedos/calcanhar, faixas de frequência de oscilação postural (F1, F2-F4, F5-F6, F7-F8) e índice de risco de queda.²⁸

O índice de estabilidade, independentemente do peso e da altura, indica a estabilidade global e a habilidade para compensar modificações posturais. Avalia a quantidade de oscilação sobre as quatro plataformas.²⁸

O índice de distribuição do peso, expresso em porcentagem, é mensurado pela comparação dos desvios da distribuição de peso em cada plataforma em relação a um valor médio esperado de 25%.²⁸

O índice de sincronização da oscilação postural entre calcanhar e os dedos de cada pé (AB, CD), entre os dois calcanhares e os dedos dos dois pés (AC, BD), entre o calcanhar de um pé com os dedos do pé contralateral (AD, BC), mede a coordenação entre os membros inferiores e a simetria na distribuição do peso em cada condição.²⁸

As frequências da oscilação postural, aferidas por meio da transformação de Fourier, determinam a intensidade da oscilação postural em um espectro variável entre 0,01 e 3,0 Hz. O Tetrax™ subdivide o espectro da oscilação postural em quatro faixas de frequências: Baixa (F1), abaixo de 0,1 Hz; Média-Baixa (F2-F4), entre 0,1-0,5 Hz; Média-Alta (F5-F6), entre 0,5-1,0 Hz; Alta (F7-F8), acima de 1,0 Hz.²⁸

O índice de risco de queda, expresso em porcentagem e variável entre zero e cem, analisa os resultados dos parâmetros do Tetrax™ nas oito condições. Um valor entre zero e 36% é julgado como risco leve; um valor entre 37% e 58%, risco moderado; e entre 59% e 100%, risco alto; quanto maior o escore, maior o risco de ocorrer quedas.²⁸

Todos os dados foram submetidos à análise estatística descritiva para caracterização da amostra. O teste de Levene foi usado para a análise da igualdade das variâncias com relação à idade, e o teste Qui-quadrado para a análise da homogeneidade dos gêneros entre os grupos controle e experimental. O teste *Shapiro-Wilk* foi aplicado para verificar a normalidade das variáveis. Na análise comparativa dos grupos experimental e controle, o teste não paramétrico de Mann-Whitney foi utilizado quanto ao índice de estabilidade geral, sincronização da oscilação postural direito-esquerda e dedos/calcanhar nas oito condições sensoriais, e quanto ao índice de distribuição de peso nas condições NO (olhos abertos em superfície firme), NC (olhos fechados em superfície firme), PO (olhos abertos em

Tabela 1 Análise do índice de estabilidade e do índice de distribuição de peso nas oito condições do *Tetrax Interactive Balance System* (Tetrax™) em 29 indivíduos do grupo controle e 30 do grupo com doença de Parkinson

Condição	Índice de estabilidade			Índice de distribuição de peso		
	Parkinson	Controle	p-valor	Parkinson	Controle	p-valor
NO	14,2 ± 4,7	13,3 ± 3,5	0,832 ^a	7,1 ± 3,4	4,9 ± 2,6	0,015 ^{a,b}
NC	20,8 ± 9,6	18,4 ± 6,1	0,628 ^a	6,5 ± 3,1	4,7 ± 2,4	0,042 ^{a,b}
PO	19,1 ± 5,9	18,2 ± 6,7	0,363 ^a	7,1 ± 2,9	5,0 ± 2,6	0,005 ^{a,b}
PC	27,9 ± 9,3	28,4 ± 10,7	0,891 ^a	7,3 ± 2,7	4,2 ± 2,2	< 0,001 ^{b,c}
HR	19,5 ± 7,6	17,9 ± 5,4	0,638 ^a	6,6 ± 3,5	5,4 ± 2,8	0,159 ^a
HL	21,1 ± 8,4	17,9 ± 6,5	0,141 ^a	7,1 ± 3,1	5,5 ± 2,6	0,060 ^a
HB	20,9 ± 9,3	19,7 ± 6,4	0,952 ^a	6,4 ± 2,9	5,2 ± 2,9	0,111 ^a
HF	19,6 ± 8,6	18,0 ± 4,5	0,879 ^a	6,5 ± 3,0	5,4 ± 2,5	0,163 ^c

NO, olhos abertos em superfície firme; NC, olhos fechados em superfície firme; PO, olhos abertos em superfície instável; PC, olhos fechados em superfície instável; HR, olhos fechados com rotação da cabeça para direita em superfície firme; HL, olhos fechados com rotação da cabeça para esquerda em superfície firme; HB, olhos fechados, cabeça inclinada 30° para trás em superfície firme; HF, olhos fechados, cabeça inclinada 30° para frente em superfície firme.

Valores = média ± desvio-padrão.

^a Teste de Mann-Whitney.

^b Diferença estatisticamente significativa entre os grupos ($p < 0,05$).

^c Teste *t* de Student.

superfície instável), HR (cabeça para direita), HL (cabeça para esquerda) e HB (cabeça para trás); e o teste *t* de Student para amostras independentes, quanto à idade, índice de risco de queda, frequências de oscilação postural (F1, F2-F4, F5-F6, F7-F8) em todas as condições e índice de distribuição de peso nas condições PC (olhos fechados em superfície instável) e HF (cabeça para frente). Os dados foram apresentados como média±desvio-padrão. O nível de significância adotado foi $p < 0,05$. O programa *Predictive Analytics Software* (PASW, versão 18.0) foi empregado para os cálculos.

Resultados

Foram avaliados 59 indivíduos, sendo 30 do grupo experimental, 18 (60,0%) do gênero masculino e 12 (40,0%) do feminino; e 29 do grupo controle, 11 (37,9%) do gênero masculino e 18 (62,1%) do feminino. O grupo com doença de Parkinson apresentou média de idade de 59,8 anos, com desvio-padrão de 10,3 anos; e o grupo controle, média de 58,9 anos e desvio-padrão de 9,8 anos. Os grupos foram homogêneos com relação ao gênero ($p = 0,151$) e idade ($p = 0,488$).

O risco de queda foi em média de grau moderado (média±desvio-padrão = 42, ± 25,5) no grupo com doença de Parkinson e de grau leve (média±desvio-padrão = 22,7 ± 13,7) no grupo controle. O grupo com doença de Parkinson apresentou maior risco de quedas do que o grupo controle, com diferença estatisticamente significativa ($p = 0,001$).

A tabela 1 apresenta a análise comparativa Tetrax™ do índice de estabilidade e do índice de distribuição de peso do grupo controle e do grupo experimental. Não houve diferença estatisticamente significativa entre os grupos em relação ao índice de estabilidade em nenhuma das condições estudadas. O índice de distribuição de peso foi maior no grupo com Parkinson do que no grupo controle em todas as condições do Tetrax™, com diferença estatisticamente significativa nas condições de olhos abertos sobre superfície

firme (NO), olhos fechados sobre superfície firme (NC), olhos abertos em superfície instável (PO) e olhos fechados em superfície instável (PC).

A tabela 2 mostra a análise comparativa das faixas de frequência de oscilação postural (F1, F2-F4, F5-F6, F7-F8) do grupo controle e do grupo experimental nas oito condições sensoriais do Tetrax™. O grupo com doença de Parkinson apresentou valores maiores do que o grupo controle em todas as faixas de frequências, em todas as condições sensoriais. Houve diferença de valor estatístico entre os grupos na faixa F2-F4 nas condições de olhos abertos em superfície instável (PO), de olhos fechados em superfície instável (PC), na condição cabeça para esquerda (HL) e cabeça para frente (HF). Não houve diferença estatisticamente importante nas condições de olhos abertos em superfície firme (NO), de olhos fechados em superfície firme (NC), na condição cabeça para direita (HR), cabeça para trás (HB).

A tabela 3 mostra a análise comparativa do índice de sincronização da oscilação postural direita/esquerda e dedos/calcanhar do grupo controle e do grupo experimental nas oito condições sensoriais do Tetrax™. Houve diferença estatisticamente significativa entre os grupos, com valores menores no grupo de parkinsonianos, nas sincronizações CD - dedos e calcanhar do pé direito ($p = 0,018$) e AC - calcanhars direito e esquerdo ($p = 0,033$) na condição de olhos abertos sobre superfície firme (NO); na sincronização BC - dedos do pé esquerdo e calcanhar do direito ($p = 0,017$) na condição de olhos abertos em superfície instável (PO); nas sincronizações BC - dedos do pé esquerdo e calcanhar do direito ($p = 0,035$) e AC - calcanhars direito e esquerdo ($p = 0,049$) na condição de olhos fechados em superfície instável (PC), nas sincronizações AB - dedos e calcanhar do pé esquerdo ($p = 0,041$) e CD - dedos e calcanhar do pé direito ($p = 0,022$) na condição cabeça para esquerda (HL); a diferença entre os índices de sincronização AB (dedos e calcanhar do pé esquerdo) ficou no limiar da significância ($p = 0,05$) na condição de olhos fechados em superfície instável (PC). Não houve diferença significativa entre os grupos nas sincronizações AB, CD, AC, BD, AD

Tabela 2 Análise comparativa das faixas de frequências de Fourier nas oito condições do *Tetrax Interactive Balance System* (Tetrax™) em 29 indivíduos do grupo controle e 30 do grupo com doença de Parkinson

Condição	F1			F2-F4		
	Parkinson	Controle	p-valor	Parkinson	Controle	p-valor
NO	13,57 ± 7,69	11,36 ± 5,87	0,218	6,98 ± 1,90	6,35 ± 1,72	0,186
NC	16,29 ± 7,13	14,28 ± 7,13	0,284	9,95 ± 2,86	8,75 ± 2,64	0,099
PO	22,74 ± 22,74	16,91 ± 7,82	0,056	8,87 ± 3,57	7,25 ± 2,32	0,044 ^a
PC	24,42 ± 15,68	21,81 ± 15,01	0,516	13,66 ± 4,12	11,34 ± 3,91	0,030 ^a
HR	15,55 ± 8,55	13,65 ± 7,41	0,365	8,90 ± 2,49	8,01 ± 2,64	0,190
HL	15,51 ± 7,66	14,77 ± 9,78	0,749	9,20 ± 2,54	7,67 ± 1,96	0,012 ^a
HB	19,79 ± 10,11	17,85 ± 9,53	0,451	9,70 ± 2,93	8,47 ± 2,70	0,099
HF	16,89 ± 8,11	13,80 ± 6,76	0,118	9,05 ± 2,36	7,87 ± 1,99	0,043 ^a
Condição	F5-F6			F7-F8		
	Parkinson	Controle	p-valor	Parkinson	Controle	p-valor
NO	2,85 ± 1,13	2,67 ± 0,91	0,508	0,44 ± 0,16	0,43 ± 0,17	0,695
NC	4,10 ± 1,91	3,33 ± 1,10	0,064	0,69 ± 0,28	0,60 ± 0,34	0,308
PO	3,73 ± 1,32	3,61 ± 1,49	0,742	0,64 ± 0,21	0,60 ± 0,20	0,498
PC	4,94 ± 1,74	4,97 ± 1,64	0,945	0,88 ± 0,35	0,91 ± 0,38	0,762
HR	3,49 ± 1,32	3,36 ± 1,07	0,679	0,63 ± 0,31	0,57 ± 0,22	0,390
HL	3,94 ± 1,69	3,33 ± 1,23	0,119	0,67 ± 0,25	0,59 ± 0,26	0,218
HB	3,75 ± 1,54	3,68 ± 1,27	0,854	0,67 ± 0,34	0,69 ± 0,24	0,883
HF	3,75 ± 1,82	3,56 ± 1,07	0,621	0,62 ± 0,27	0,60 ± 0,21	0,730

NO, olhos abertos em superfície firme; NC, olhos fechados em superfície firme; PO, olhos abertos em superfície instável; PC, olhos fechados em superfície instável; HR, olhos fechados com rotação da cabeça para direita em superfície firme; HL, olhos fechados com rotação da cabeça para esquerda em superfície firme; HB, olhos fechados, cabeça inclinada 30° para trás em superfície firme; HF, olhos fechados, cabeça inclinada 30° para frente em superfície firme. F1, F2-F4, F5-F6, F7-F8, faixas de frequência de oscilação postural.

Valores apresentados são média ± desvio-padrão.

Teste *t* de Student.

^a Diferença estatisticamente significativa entre os grupos ($p < 0,05$).

e BC ($p > 0,05$) nas condições de olhos fechados em superfície firme (NC), cabeça para direita (HR), cabeça para trás (HB) e cabeça para frente (HF).

Discussão

Os achados à posturografia estática do Tetrax™ do grupo de pacientes com doença de Parkinson foram comparados aos obtidos no grupo controle. A comparação quantitativa dos resultados com os de outras posturografias é limitada, pois o Tetrax™ emprega parâmetros e método de avaliação diferentes.

O Tetrax™ fornece o índice de risco de queda por meio de um algoritmo matemático que se baseia no desempenho do paciente nos diferentes parâmetros avaliados.²⁸ Neste estudo, o risco de queda foi, em média, de grau leve no grupo controle e de grau moderado no grupo com doença de Parkinson, e foi significativamente maior no grupo com doença de Parkinson, em concordância com os achados de uma pesquisa também realizada com o Tetrax™ na doença de Parkinson leve ou moderada de acordo com a escala de *Hoehn-Yahr* modificada,²³ mas com resultado diferente de outra pesquisa realizada em pacientes nos estágios iniciais da doença de Parkinson, que não identificou diferença expressiva em relação ao grupo controle.²⁴ A instabilidade postural é um dos

principais problemas na doença de Parkinson, e a queda uma das complicações mais sérias. A porcentagem de pacientes que caem varia entre 38 a 68%.⁹ Com a progressão da doença, a frequência de quedas aumenta.²⁹ A identificação do risco de queda pode prevenir a ocorrência deste evento no futuro uma ou mais vezes, por meio da intervenção precoce.³⁰ A maioria dos estudos que investiga o risco de queda se baseia em questionários ou em relatos de pacientes para prever futuras quedas. No entanto, os pacientes comumente não lembram com exatidão dos detalhes das quedas anteriores, do intervalo entre os eventos e, principalmente, se ocorreram há um período longo de tempo.³¹

Os valores do índice de distribuição de peso foram significativamente maiores no grupo com doença de Parkinson, em relação ao grupo controle, em quatro das oito condições sensoriais avaliadas: olhos abertos (NO) e fechados (NC) em superfície firme, olhos abertos em superfície instável (PO) e olhos fechados em superfície instável (PC). À semelhança de nossos achados, um estudo²³ com o Tetrax™ mostrou diferença expressiva nas condições olhos abertos (NO) e fechados (NC) em superfície firme, e, de modo diverso de nossos resultados, encontrou valores maiores nas condições de cabeça para a direita (HR), cabeça para trás (HB), cabeça para frente (HF). Quanto maior o índice de distribuição de peso, maior a dificuldade na manutenção da postura.²⁸

Tabela 3 Análise comparativa dos índices de sincronização nas oito condições do *Tetrax Interactive Balance System* (Tetrax™) em 29 indivíduos do grupo controle e 30 do grupo com doença de Parkinson

Condição	AB		CD		AC	
	Parkinson	Controle	Parkinson	Controle	Parkinson	Controle
NO	-629,4 ± 390,4	-775,1 ± 163,4	-661,2 ± 223,0 ^a	-783,9 ± 159,9	278,6 ± 463,2 ^a	530,9 ± 276,1
NC	-825,3 ± 171,4	-811,3 ± 246,8	-830,8 ± 191,2	-854,1 ± 150,5	683,1 ± 296,9	643,5 ± 307,4
PO	-591,7 ± 365,3	-655,5 ± 267,7	-636,6 ± 337,1	-711,6 ± 287,0	511,0 ± 398,4	626,7 ± 335,4
PC	-708,8 ± 243,1	-815,2 ± 139,3	-740,4 ± 248,7	-850,5 ± 94,8	608,9 ± 317,3 ^a	778,1 ± 128,7
HR	-668,7 ± 365,4	-766,8 ± 271,4	-773,7 ± 162,3	-810,4 ± 193,0	554,6 ± 382,3	578,7 ± 329,0
HL	-701,3 ± 246,9 ^a	-827,8 ± 179,9	-711,2 ± 317,0 ^a	-863,9 ± 105,4	508,9 ± 363,7	668,6 ± 224,5
HB	-759,5 ± 253,7	-817,4 ± 203,9	-776,3 ± 327,5	-857,8 ± 201,2	669,2 ± 342,4	662,8 ± 312,2
HF	-709,9 ± 319,2	-844,4 ± 163,0	-813,3 ± 205,1	-841,5 ± 196,7	635,6 ± 286,0	628,7 ± 278,7

Condição	BD		AD		BC	
	Parkinson	Controle	Parkinson	Controle	Parkinson	Controle
NO	621,8 ± 348,1	734,8 ± 167,8	-732,8 ± 367,7	-839,9 ± 129,7	-740,5 ± 384,6	-818,2 ± 192,5
NC	822,1 ± 161,2	847,9 ± 108,4	-894,6 ± 143,3	-870,1 ± 167,3	-902,0 ± 109,6	-898,9 ± 81,0
PO	561,5 ± 325,1	599,3 ± 288,5	-863,4 ± 172,9	-908,3 ± 98,1	-875,7 ± 148,0 ^a	-911,2 ± 99,9
PC	737,4 ± 173,2	802,0 ± 133,6	-901,8 ± 106,2	-948,4 ± 34,0	-905,2 ± 80,0 ^a	-946,7 ± 41,4
HR	713,6 ± 238,4	791,2 ± 220,9	-850,6 ± 155,7	-850,5 ± 149,2	-891,4 ± 134,8	-889,4 ± 93,2
HL	734,8 ± 218,1	805,0 ± 169,3	-843,6 ± 166,6	-872,8 ± 130,3	-844,5 ± 251,0	-872,3 ± 118,3
HB	760,8 ± 244,9	823,1 ± 189,2	-906,7 ± 94,0	-869,3 ± 124,9	-871,2 ± 283,0	-889,3 ± 104,2
HF	746,9 ± 295,9	843,1 ± 146,6	-860,3 ± 134,5	-878,8 ± 86,0	-915,6 ± 50,9	-871,8 ± 134,2

AB, índice de sincronização entre as plataformas referentes aos dedos e calcanhar do pé esquerdo; CD, índice de sincronização entre dedo e calcanhar do pé direito; AC, índice de sincronização entre os dois calcanhares; BD, índice de sincronização entre as duas partes anteriores do pé; AD, índice de sincronização entre calcanhar esquerdo e dedos do pé direito; BC, índice de sincronização entre os dedos do pé esquerdo e calcanhar direito; NO, olhos abertos em superfície firme; NC, olhos fechados em superfície firme; PO, olhos abertos em superfície instável; PC, olhos fechados em superfície instável; HR, olhos fechados com rotação da cabeça para direita em superfície firme; HL, olhos fechados com rotação da cabeça para esquerda em superfície firme; HB, olhos fechados, cabeça inclinada 30° para trás em superfície firme; HF, olhos fechados, cabeça inclinada 30° para frente em superfície firme.

Valores apresentados são média ± desvio-padrão.

Teste de Mann-Whitney.

^a Diferença estatisticamente significativa entre o grupo com Parkinson e grupo controle ($p < 0,05$).

O índice de estabilidade do grupo com doença de Parkinson foi similar ao do grupo controle em todas as condições sensoriais avaliadas. No entanto, na doença de Parkinson, em comparação com o grupo controle, foi relatado que o índice de estabilidade ao Tetrax™ foi maior apenas na condição de olhos fechados em superfície firme (NC), sem diferença significativa nas outras condições.²³ Com outros tipos de posturografia estática, alguns autores evidenciaram, em doentes com Parkinson, uma área de oscilação bem maior de olhos abertos e olhos fechados em superfície firme,³²⁻³⁴ enquanto outros não encontraram uma diferença significativa.^{18,35}

Os valores do índice de sincronização da oscilação postural direito-esquerda e dedos/calcanhar do grupo controle e do grupo com doença de Parkinson foram simétricos nas oito condições sensoriais. No entanto, o grupo com doença de Parkinson apresentou valores menores nas sincronizações dedos e calcanhar do pé direito (CD) e calcanhares direito e esquerdo (AC) na condição olhos abertos em superfície firme (NO); dedos do pé esquerdo e calcanhar do direito (BC) na condição olhos abertos em superfície instável (PO); dedos do pé esquerdo e calcanhar direito (BC) e calcanhares direito e esquerdo (AC) na condição olhos fechados em superfície instável (PC); dedos e calcanhar do pé esquerdo (AB) e dedos e calcanhar do pé direito (CD) na condição

cabeça para esquerda (HL). Valores menores foram relatados apenas na sincronização AC na condição HB.²³ A simetria dos valores das sincronizações poderia ser devida a mecanismos compensatórios adequados e à ativação simultânea das placas paralelas.²⁸

Em relação às faixas de frequência de oscilação postural (F1, F2-F4, F5-F6, F7-F8), o grupo com doença de Parkinson apresentou valores significativamente maiores do que os do grupo controle apenas na faixa F2-F4, nas condições olhos abertos sobre a superfície instável (PO), olhos fechados sobre a superfície instável (PC), cabeça para esquerda (HL) e cabeça para frente (HF), sugerindo disfunção vestibular periférica.²⁸

Ambos os grupos apresentaram dominância de oscilação nas frequências baixas, indicando preferência visual para manter o controle postural.²⁸ Diferenças expressivas entre um grupo com doença de Parkinson e um controle também foram encontradas ao Tetrax™ nas faixas de frequência: F2-F4 nas condições de olhos fechados em superfície firme (NC), cabeça para esquerda (HL), cabeça para direita (HR), cabeça para frente (HF), cabeça para trás (HB); nas faixas F5-F6 nas condições NC e HL; e nas faixas F7-F8 nas condições NC, HL e HR.²³ Em pacientes nos estágios iniciais da doença de Parkinson, o Tetrax™ identificou maior comprometimento do sistema vestibular central,²⁴ caracterizado

por maior oscilação na faixa de frequência F7-F8.²⁸ A diferença encontrada entre os grupos na faixa F2-F4 pode ter ocorrido como tentativa para compensar um comprometimento proprioceptivo. A diminuição das informações proprioceptivas nas condições sobre superfície instável, a restrição de movimento e a rigidez à mudança da posição da cabeça podem ter dificultado a manutenção da postura. A deterioração da informação proprioceptiva pode causar instabilidade postural.³⁶⁻³⁸

Nesta pesquisa, verificamos que o Tetrax™ propicia informações relevantes quanto ao índice de estabilidade, de distribuição de peso, de sincronização da oscilação postural direita/esquerda e dedos/calcanhares, faixas de frequência de oscilação postural (F1, F2-F4, F5-F6, F7-F8) e índice de risco de quedas na avaliação do controle postural na doença de Parkinson. A caracterização do distúrbio do equilíbrio corporal em cada paciente com essa afecção pode ter implicações diagnósticas, tanto de tratamento como até mesmo de prevenção. Novas pesquisas devem ser realizadas nesta área para conhecer melhor a relação entre o controle postural e os diferentes estágios da doença de Parkinson, além do possível papel profilático ou terapêutico dos procedimentos de reabilitação do equilíbrio corporal na resolução ou atenuação do desequilíbrio e na eliminação ou redução do risco de quedas em parkinsonianos.

Conclusão

O comprometimento do controle postural em pacientes com doença de Parkinson à posturografia do Tetrax™ é caracterizado por alterações na distribuição de peso, na sincronização da oscilação postural direita/esquerda e dedos/calcanhares, nas faixas de frequência de oscilação postural e no índice de risco de queda.

Financiamento

Este estudo foi financiado pela CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior).

Conflitos de interesse

Os autores declaram não haver conflitos de interesse.

Referências

1. Caovilla HH, Ganança MM, Munhoz MSL, Silva MLG, Frazza MM. O Equilíbrio corporal e seus distúrbios: lidando com o paciente vertiginoso. *Rev Bras Med Otorrinolaringol.* 1997;4:47-51.
2. Pedalini MEB, Bittar RSM, Formigoni LG, Cruz OLM, Bento. RF, Miniti A. Reabilitação vestibular como tratamento da tontura: experiência com 116 casos. *Arq Int Otorrinolaringol.* 1997;3:87-90.
3. Ganança MM, Caovilla HH. Equilibrimetria. Em: Ganança MM, Vieira RM, Caovilla HH. *Princípios de otoneurologia.* São Paulo: Atheneu; 1998. p. 23-55.
4. Schubert MC, Minor LB. Vestibulo-ocular physiology underlying vestibular hypofunction. *Phys Ther.* 2004;84:373-85.
5. Hain TC, Ramaswamy TS, Hillman MA. Anatomia e fisiologia do sistema vestibular normal. In: Herdman SJ. *Reabilitação vestibular.* 2nd ed. São Paulo: Manole; 2002. p. 3-24.
6. De Rijk MC, Tzourio C, Breteler MMB. Prevalence of parkinsonism and Parkinson's disease in Europe: the Europarkinson collaborative study. *J Neurol Neurosurg Psychiatry.* 1997;62:10-5.

7. Menezes MS, Teive HAG. Introdução. Cap. 1. In: Menezes MS, Teive HAG. *Doença de Parkinson.* Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2003. p. 1-2.
8. Melnick ME. Distúrbios metabólicos, hereditários e genéticos dos núcleos da base em adultos. Cap. 24. In: Umphred DA. *Reabilitação Neurológica.* 5th ed. São Paulo: Elsevier; 2009. p. 705-18.
9. Balash Y, Peretz C, Leibovich G, Herman T, Hausdorff JM, Giladi N. Falls in outpatients with Parkinson's disease: frequency, impact and identifying factors. *J Neurol.* 2005;252:1310-5.
10. Teive HAG. Etiopatogenia da doença de Parkinson. In: Menezes MS, Teive HAG. *Doença de Parkinson.* Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2003. p. 32-7.
11. Teive HAG. Neuroproteção: Fatos, mitos e quimeras. In: Andrade LAF, Barbosa ER, Cardoso F, Teive HAG. *Doença de Parkinson: estratégias atuais de tratamento.* São Paulo: Lemos; 1999. p. 17-35.
12. Mak MKY, Pang MYC. Balance confidence and functional mobility are independently associated with falls in people with Parkinson's disease. *J Neurol.* 2009;256:742-9.
13. Merello M, Fantacone N, Balej J. Kinematic study of whole body center of mass position during gait in Parkinson's disease patients with and without festination. *Mov Disord.* 2010;25:739-46.
14. Visser JE, Carpenter MG, Kooij HVD, Bloem BR. The clinical utility of posturography. *Clin Neurophysiol.* 2008;119:2424-36.
15. Nepomuceno MM, Formigoni CE, Ferrioli E. Estudo do equilíbrio corporal em adultos idosos avaliados em posturografia computadorizada. *Acta ORL/Técnicas em Otorrinolaringologia.* 2010;28:44-51.
16. Bittar RSM. Como a posturografia dinâmica computadorizada pode nos ajudar nos casos de tontura? *Arq Int Otorrinolaringol.* 2007;11:330-3.
17. Ebersbach G, Gunkel M. Posturography reflects clinical imbalance in Parkinson's disease. *Mov Disord.* 2011;26:241-6.
18. Valkovic P, Abrahámová D, Hlavacka F, Benetin J. Static posturography and infraclinal postural instability in early-stage Parkinson's disease. *Mov Disord.* 2009;24:1713-4.
19. Mancini M, Rocchi L, Horak FB, Chiari L. Effects of Parkinson's disease and levodopa on functional limits of stability. *Clin Biomech.* 2008;23:450-8.
20. Menant JC, Latt MD, Menz HB, Fung VS, Lord SR. Postural sway approaches center of mass stability limits in Parkinson's disease. *Mov Disord.* 2011;26:637-43.
21. Kohen-Raz R. Posturo-graphic method using four three dimensionally movable platforms. United States Patent Application Publication; 2007.
22. Fukunaga JY, Quitschal RM, Ganança MM, Caovilla HH. Posturography of the Tetrax interactive balance system in healthy individuals: preliminary study. *Int Arch Otorhinolaryngol.* 2012;16:17.
23. Kim BR, Choi KH, Chun MH, Lee MC, Chung SJ, Jang KW. Evaluation of balance control in patients with idiopathic Parkinson's disease using tetra-ataxiometric posturography. *J Korean Acad Rehabil Med.* 2009;33:538-46.
24. Güler S, Bir LS, Ardic F. The effect of pramipexole therapy on balance disorder and fall risk in Parkinson's disease at early stage: clinical and posturographic assessment. *ISRN Neurol.* 2012;2012:320607.
25. Hoehn MM, Yahr MD. Parkinsonism: onset, progression, and mortality. *Neurology* 1967;17:427-42.
26. Hughes AJ, Daniel SE, Kilford L, Lees AJ. Accuracy of clinical diagnosis of idiopathic Parkinson's disease: a clinico-pathological study of 100 cases. *J Neurol Neurosurg Psychiatry.* 1992;55:181-4.
27. Pinto RASR, Borges V, Aguiar PMC, Ferraz FAP, Hisatugo MK, Ferraz HB. Avaliação das atividades da vida diária dos pacientes com doença de Parkinson submetidos à cirurgia estereotáxica. *Arq Neuropsiquiatr.* 2002;60:435-41.
28. Tetrax. Guia per operatore clinico. Itália: Sunlight Medical Ltd.; 2004.
29. Mata F, Barros A, Lima C. Avaliação do risco de quedas em pacientes com Doença de Parkinson. *Rev Neurocienc.* 2008;16:20-4.
30. Etman A, Wijlhuizen GJ, van Heuvelen MJ, Chorus A, Hopman-Rock M. Falls incidence underestimates the risk of fall-related injuries in older age groups: a comparison with the FARE (Falls risk by Exposure). *Age Ageing.* 2012;41:190-5.
31. Pickering RM, Grimbergen YA, Rigney U, Ashburn A, Mazibrada G, Wood B, et al. A meta-analysis of six prospective studies of falling in Parkinson's disease. *Mov Disord.* 2007;22:1892-900.
32. Rocchi L, Chiari L, Cappello A. Feature selection of stabilometric parameters based on principal component analysis. *Med Biol Eng Comput.* 2004;42:71-9.
33. Chastan N, Debono B, Maltête D, Weber J. Discordance between measured postural instability and absence of clinical symptoms in Parkinson's disease patients in the early stages of the disease. *Mov Disord.* 2008;23:366-72.
34. Błaszczyk JW, Orawiec R. Assessment of postural control in patients with Parkinson's disease: sway ratio analysis. *Hum Mov Sci.* 2011;30:396-404.
35. Marchese R, Bove M, Abbruzzese G. Effect of cognitive and motor tasks on postural stability in Parkinson's disease: a posturographic study. *Mov Disord.* 2003;18:652-8.
36. Vaugoyeau M, Viel S, Assaiante C, Amblard B, Azulay. Impaired vertical postural control and proprioceptive integration deficits in Parkinson's disease. *Neuroscience.* 2007;146:852-63.
37. Carpenter MG, Bloem BR. Postural control in Parkinson patients: a proprioceptive problem? *Exp Neurol.* 2011;227:26-30.
38. Vaugoyeau M, Hakam H, Azulay JP. Proprioceptive impairment and postural orientation control in Parkinson's disease. *Hum Mov Sci.* 2011;30:405-14.