



Brazilian Journal of
OTORHINOLARYNGOLOGY

www.bjorl.org.br



ARTIGO ORIGINAL

Evaluation of postural control in unilateral vestibular hypofunction^{☆, ☆ ☆}

Rafaela Maia Quitschal^{a,*}, Jackeline Yumi Fukunaga^a, Maurício Malavasi Ganança^b,
Heloísa Helena Caovilla^b

^a Programa de Pós-graduação em Distúrbios da Comunicação Humana, Escola Paulista de Medicina, Universidade Federal de São Paulo (UNIFESP-EPM), São Paulo, SP, Brasil

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

Recebido em 24 de setembro de 2013; aceito em 15 de fevereiro de 2014

KEYWORDS

Postural balance;
Vestibular function
tests;
Vestibular diseases;
Nystagmus,
physiologic

Abstract

Introduction: Patients with vestibular hypofunction, a typical finding in peripheral vestibular disorders, show body balance alterations.

Objective: To evaluate the postural control of patients with vertigo and unilateral vestibular hypofunction.

Method: This is a clinical cross-sectional study. Twenty five patients with vertigo and unilateral vestibular hypofunction and a homogeneous control group consisting of 32 healthy individuals were submitted to a neurotological evaluation including the Tetrax Interactive Balance System posturography in eight different sensory conditions.

Results: For different positions, vertiginous patients with unilateral vestibular hypofunction showed significantly higher values of general stability index, weight distribution index, right/left and tool/heel synchronizations, Fourier transformation index and fall index than controls.

Conclusion: Increased values in the indices of weight distribution, right/left and tool/heel synchronizations, Fourier transformation and fall risk characterize the impairment of postural control in patients with vertigo and unilateral vestibular hypofunction.

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

DOI se refere ao artigo: <http://dx.doi.org/10.1016/j.bjorl.2014.05.015>

[☆] Como citar este artigo: Quitschal RM, Fukunaga JY, Ganança MM, Caovilla HH. Evaluation of postural control in unilateral vestibular hypofunction. Braz J Otorhinolaryngol. 2014;80:339-45.

^{☆☆} Trabalho realizado na Escola Paulista de Medicina, Universidade Federal de São Paulo (UNIFESP-EPM), São Paulo, SP, Brasil.

* Autor para correspondência.

E-mail: rmquitschal@yahoo.com.br (R.M. Quitschal).

PALAVRAS-CHAVE

Equilíbrio postural;
Testes de função
vestibular;
Doenças vestibulares
Nistagmo fisiológico

Avaliação do controle postural na hipofunção vestibular unilateral**Resumo**

Introdução: Pacientes com hipofunção vestibular, achado típico em vestibulopatias periféricas, apresentam alterações de equilíbrio corporal.

Objetivo: Avaliar o controle postural de pacientes vertiginosos com hipofunção vestibular unilateral.

Método: Trata-se de um estudo clínico transversal. No total, 25 pacientes vertiginosos com hipofunção vestibular unilateral e um grupo controle homogêneo de 32 indivíduos hígidos foram submetidos à avaliação otoneurológica, incluindo a posturografia do *Tetrax Interactive Balance System* em oito diferentes condições sensoriais.

Resultados: O grupo experimental apresentou valores significativamente maiores do que o grupo controle quanto ao índice de estabilidade geral, 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, em diferentes condições sensoriais.

Conclusão: Alterações de distribuição de peso, sincronização da oscilação postural direita/esquerda e dedos/calcanhais, faixas de frequência de oscilação postural e do índice de risco de queda caracterizam o comprometimento do controle postural em pacientes vertiginosos com hipofunção vestibular unilateral.

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

Introdução

Uma das tarefas mais importantes do sistema do controle postural humano é a do equilíbrio do corpo sobre a pequena base de apoio fornecida pelos pés. O sistema vestibular, como um sensor de gravidade, é uma das principais ferramentas do sistema nervoso no controle da postura e do equilíbrio quando o indivíduo está em pé e durante a locomoção. A dificuldade para perceber o movimento, orientar-se na vertical, controlar a posição do centro de massa e estabilizar a cabeça resultam no comprometimento de marcha e também do equilíbrio.¹

Os problemas de origem vestibular respondem por aproximadamente 50% dos casos de distúrbio do equilíbrio corporal, sendo a tontura uma das queixas mais frequentes nos consultórios clínicos e especializados. Dessa maneira, pode-se entender a preocupação em avaliar a função labiríntica e identificar possíveis lesões vestibulares responsáveis pelo comprometimento do equilíbrio corporal.²

As afecções que comprometem o sistema vestibular são denominadas vestibulopatias; as periféricas compreendem as afecções do ouvido interno (labirinto) e/ou do ramo vestibular do oitavo nervo craniano; e as centrais são as que comprometem estruturas, núcleos, vias e inter-relações vestibulares no sistema nervoso central. As vestibulopatias são consideradas primárias quando são determinadas por disfunção própria das estruturas do sistema vestibular, e secundárias quando estão correlacionadas com manifestações clínicas sediadas em outras partes do corpo humano.³

A instabilidade e os desequilíbrios posturais em indivíduos com disfunção vestibular habitualmente se manifestam pelo aumento da oscilação do corpo nas condições de conflito visual e somatossensorial, redução do limite de estabilidade e da capacidade funcional, desvio da marcha e quedas.⁴

A queda, o principal resultado do desequilíbrio postural, é determinada por circunstâncias multifatoriais. Pode ser definida como um deslocamento não intencional do corpo para um nível inferior à posição inicial, devido a uma incapacidade para corrigir prontamente a postura.⁵

Muitos métodos de avaliação otoneurológica foram desenvolvidos para estudar o equilíbrio corporal, e os procedimentos mais utilizados são a eletronistagmografia (ENG) e a vectoeletronistagmografia (VENG). O exame vestibular, realizado com a ENG ou a VENG, é útil para confirmar ou não a hipótese diagnóstica de comprometimento vestibular, localizar a lesão em nível periférico, central ou misto, estabelecer o prognóstico da lesão, orientar a terapêutica e monitorar a evolução.⁶

As provas de função vestibular podem avaliar a estabilidade postural (reflexo vestibulo-espinal ou RVE) e as interações vestibulo-oculares (reflexo vestibulo-ocular ou RVO). O RVO é o principal sistema de controle para a estabilização visual durante a locomoção, e os distúrbios desse reflexo resultam em tonturas e outras manifestações de perturbação do equilíbrio corporal.⁷

A avaliação do RVO é insuficiente para analisar a função vestibular como um todo. Embora este reflexo seja essencial para os deslocamentos angulares do corpo, o reflexo vestibulo-espinal (RVE) e as informações visuais, somatossensoriais e a integração sensorial no tronco encefálico participam ativamente da manutenção do equilíbrio corporal, tornando-se evidente a importância de um método diagnóstico que avalie essas informações.²

Na prática clínica, a estabilidade postural é comumente avaliada de forma qualitativa por meio da observação do equilíbrio estático e dinâmico. Uma avaliação quantitativa pode ser realizada por meio de um dispositivo posturográfico, composto por uma plataforma de força sensível à pressão, que fornece informações sobre a oscilação corporal do paciente.

A posturografia mensura a oscilação do corpo e as variáveis associadas a essa oscilação. A posturografia pode ser estática, quando avalia a postura ereta do sujeito, e, dinâmica, quando mede a resposta a uma perturbação aplicada sobre o sujeito.⁸

A posturografia do *Tetrax Interactive Balance System* (Tetrax™) é um dispositivo diagnóstico desenvolvido por Reuven Kohen-Raz, em Israel, que analisa o equilíbrio postural do indivíduo e os mecanismos utilizados para mantê-lo.⁹ Esta posturografia estática mede o equilíbrio e a oscilação postural por meio de uma plataforma composta por quatro placas individuais que captam as variações de distribuição de peso.¹⁰ Em cada placa há um aferidor de tensão que transforma as variações das forças verticais em sinais elétricos de onda analógica.⁹

O Tetrax™ possibilita a investigação do controle postural por meio da diferença de pressão exercida em cada plataforma e compara os valores fornecidos da parte anterior e posterior de cada pé (dedos e calcanhar) e de cada calcanhar com a parte anterior do pé contralateral.⁹ Os novos parâmetros fornecidos pelo equipamento podem ser úteis na investigação clínica dos pacientes com alterações do equilíbrio corporal não diagnosticadas pela bateria de testes convencionais. Em nosso meio, o equilíbrio corporal de indivíduos hígidos foi avaliado ao Tetrax™ em relação ao índice de estabilidade geral, ao índice de distribuição de peso, à sincronização direita/esquerda, à sincronização dedos/calcanhar e ao risco de queda, nas 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.¹¹

Na literatura, encontramos apenas um estudo que avaliou pacientes com disfunção vestibular com os parâmetros do Tetrax™, sincronização das oscilações entre os dedos dos pés e calcanhares, índice de distribuição de peso sobre as quatro plataformas (harmonia na distribuição de peso) e intensidade das oscilações de baixa frequência, diferenciando os pacientes com ENG normal dos pacientes com ENG periférica e com ENG central, os pacientes com provas calóricas normais dos com provas calóricas alteradas, e os pacientes com distúrbio periférico direito dos com distúrbio periférico esquerdo.¹²

O interesse em quantificar e caracterizar o equilíbrio corporal de pacientes com hipofunção vestibular, achado típico em vestibulopatias periféricas, e a escassez de referências sobre o Tetrax™ justificaram a realização desta pesquisa. Os achados do Tetrax™, principalmente em relação aos parâmetros que diferem dos de outras posturografias, poderão contribuir para o conhecimento mais abrangente da disfunção vestibular nestes pacientes, com possíveis implicações diagnósticas e terapêuticas.

O objetivo desta investigação é avaliar o controle postural de pacientes vertiginosos com hipofunção vestibular unilateral, por meio da posturografia do Tetrax™ *Interactive Balance System*.

Método

Este estudo, de caráter clínico e transversal, com amostra consecutiva, foi iniciado após a aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa com seres humanos sob o N° 1360-11.

Todos os voluntários foram avaliados entre os anos de 2011 e 2012, foram informados sobre os procedimentos que seriam realizados e assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido para permitir a participação no estudo e posterior divulgação dos resultados.

Foram incluídos 25 pacientes, com idades entre 25 e 75 anos, do gênero feminino ou masculino, vertiginosos, com diagnóstico de disfunção vestibular periférica deficitária unilateral. O grupo controle, homogêneo quanto à idade e ao gênero em relação ao grupo experimental, foi constituído por 32 voluntários hígidos 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, e exame vestibular com vectoeletronistagmografia 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 resultavam em limitação de movimento, utilização de próteses em membros inferiores e que tivessem realizado reabilitação do equilíbrio corporal nos últimos seis meses.

Os pacientes foram submetidos a uma avaliação composta de anamnese, exame otorrinolaringológico, avaliação da função vestibular e posturografia estática.

A avaliação da função vestibular^{13,14} incluiu pesquisa de nistagmo posicional e de posicionamento, nistagmo espontâneo, semiespontâneo, optocinético, movimentos oculares sacádicos fixos e randomizados, rastreamento pendular, prova rotatória pendular decrescente e prova calórica com ar a 50° e 24° C a VENG (vectonistagmógrafo digital VECWIN, barra luminosa e estimulador calórico a ar, *Neurograff Eletromedicina Ind. e Com. Ltda. - EPT*).

A posturografia estática, realizada por meio do Tetrax™ da *Sunlight Medical Ltd.*, incluiu programa específico instalado em um computador, com plataforma composta por quatro plataformas independentes (A-B-C-D) e integradas, e colocada sobre piso nivelado sem carpete, com corrimão e colchonete 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° para a direita, em superfície firme (HR); olhos fechados, cabeça com rotação de 45° 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.⁹

O índice de estabilidade, independentemente do peso e da altura, indica a estabilidade global e a habilidade para compensar modificações posturais, além de avaliar a quantidade de oscilação sobre as quatro plataformas.⁹

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%.⁹

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.⁹

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.⁹

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 0% e 36% é julgado como 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.⁹

Todos os dados foram submetidos à análise estatística descritiva para caracterização da amostra. O teste de Levene foi empregado 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. Na análise comparativa dos grupos experimental e controle foi utilizado o teste não paramétrico de Mann-Whitney, quando a distribuição dos dados foi assimétrica; e, o teste *t* de Student para amostras independentes, quanto à idade, índice de estabilidade geral, índice de distribuição de peso, sincronização da oscilação postural direita/esquerda e dedos/calcanhar, faixas de frequência de oscilação postural e índice de risco de queda nas oito condições sensoriais. Os dados foram apresentados como média $\pm$ desvio-padrão, mediana e valores mínimo e máximo. O nível de significância adotado foi $p < 0,05$. Os programas *Predictive Analytics Software* (PASW, versão 18.0) e Excel Office 2007 foram empregados para os cálculos.

Resultados

Foram avaliados 57 indivíduos, sendo 25 do grupo experimental composto por pacientes vertiginosos com hipofunção vestibular unilateral, sendo 76% ($n = 19$) de indivíduos do gênero feminino e 24% ($n = 6$) do gênero masculino, e 32 do grupo controle composto por 62,5% ($n = 20$) de indivíduos do gênero feminino e 37,5% ($n = 12$) do gênero masculino. A média etária do grupo experimental foi de $54,3 \pm 12,4$; e a média etária do grupo controle foi de $55,9 \pm 13,4$. Os grupos foram homogêneos com relação ao gênero ($p = 0,423$) e idade ($p = 0,752$).

O grupo experimental apresentou 12 indivíduos com disfunção vestibular deficitária à direita (48%) e 13 indivíduos com disfunção vestibular deficitária à esquerda (52%).

O risco de queda foi em média de grau moderado (média $\pm$ desvio-padrão = $50,4 \pm 38,8$) no grupo experimental e de grau leve (média $\pm$ desvio-padrão = $21,3 \pm 13,8$) no grupo controle. O grupo com hipofunção vestibular unilateral apresentou maior risco de quedas do que o grupo controle, com diferença estatisticamente significativa ($p = 0,001$).

Tabela 1 Análise do índice de estabilidade e do índice de distribuição de peso nas oito condições do *Tetrax Interactive Balance System* (Tetrax™) em 32 indivíduos do grupo controle e em 25 pacientes vertiginosos com hipofunção vestibular unilateral do grupo experimental

Condição	Índice de estabilidade			Índice de distribuição de peso		
	Hipofunção	Controle	p-valor	Hipofunção	Controle	p-valor
NO	16,7 $\pm$ 7,1	13,1 $\pm$ 3,5	0,082 ^a	5,2 $\pm$ 2,3	4,8 $\pm$ 2,5	0,479 ^a
NC	28,0 $\pm$ 13,7	18,0 $\pm$ 6,0	0,007 ^{a,*}	5,4 $\pm$ 2,0	4,7 $\pm$ 2,3	0,177 ^a
PO	25,2 $\pm$ 14,6	18,4 $\pm$ 6,6	0,267 ^a	6,0 $\pm$ 2,6	4,8 $\pm$ 2,5	0,640 ^a
PC	39,6 $\pm$ 21,4	26,0 $\pm$ 10,4	0,031 ^a	6,0 $\pm$ 3,2	4,0 $\pm$ 2,2	0,008 ^{b,*}
HR	25,6 $\pm$ 14,8	17,7 $\pm$ 5,2	0,074 ^a	6,5 $\pm$ 3,1	5,3 $\pm$ 2,7	0,152 ^a
HL	26,7 $\pm$ 14,9	17,5 $\pm$ 6,4	0,009 ^{a,*}	6,6 $\pm$ 3,4	5,4 $\pm$ 2,5	0,162 ^a
HB	30,1 $\pm$ 17,6	19,2 $\pm$ 6,3	0,016 ^{a,*}	6,3 $\pm$ 2,5	4,9 $\pm$ 2,9	0,640 ^b
HF	27,8 $\pm$ 14,3	17,7 $\pm$ 4,5	0,010 ^{a,*}	5,8 $\pm$ 2,3	5,4 $\pm$ 2,4	0,464 ^b

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 $\pm$ desvio-padrão.

^a Teste de Mann-Whitney.

^b Teste *t* de Student.

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

A tabela 1 apresenta a análise comparativa do índice de distribuição de peso e do índice de estabilidade do grupo controle e do grupo experimental ao Tetrax™. O grupo experimental apresentou índice de distribuição de peso maior do que o grupo controle em todas as condições avaliadas, com diferença estatisticamente significativa na condição de olhos fechados em superfície instável. O grupo experimental apresentou índice de estabilidade maior do que o grupo controle em todas as condições avaliadas, com diferença estatisticamente significativa nas condições de olhos fechados em superfície firme (NC), cabeça para a esquerda (HL), cabeça para trás (HB), cabeça para frente (HF) 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 hipofunção vestibular unilateral apresentou valores maiores do que o grupo controle em todas as faixas de frequência. Houve diferença estatisticamente significativa entre os grupos em todas as faixas de frequência de oscilação postural na condição de olhos fechados e cabeça para frente (HF), nas faixas F2-F4 e F5-F6 na condição olhos abertos em superfície firme (NO) e nas faixas F2-F4, F5-F6 e F7-F8 nas demais condições.

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™. Não houve diferença significativa entre os grupos nas sincronizações AB, CD, AC, BD, AD e BC ($p > 0,05$) nas condições de olhos fechados em superfície firme (NC), olhos fechados e cabeça para a direita (HR), olhos fechados e cabeça para a esquerda (HL), olhos fechados e cabeça inclinada para frente (HF), olhos abertos em superfície instável (PO) e olhos fechados em superfície instável (PC).

Houve diferença estatisticamente significativa entre os grupos, com valores maiores no grupo de pacientes vertiginosos com hipofunção vestibular unilateral, nas sincronizações AC - calcanhares direito e esquerdo ($p = 0,020$); BD - entre os dedos do pé direito e os do pé esquerdo ($p = 0,018$); AD - entre o calcanhar esquerdo e os dedos do pé direito ($p = 0,016$) e BC - entre os dedos do pé esquerdo e o calcanhar do direito ($p = 0,011$) na condição de olhos abertos sobre superfície firme (NO); nas sincronizações BD - entre os dedos do pé direito e os do pé esquerdo ($p = 0,050$) e AD - entre o calcanhar esquerdo e os dedos do pé direito ($p = 0,012$) na condição de olhos fechados e cabeça inclinada para trás (HB).

Discussão

Neste estudo, procurou-se avaliar o equilíbrio corporal de um grupo experimental de pacientes vertiginosos com hipofunção vestibular unilateral à posturografia estática do Tetrax™. Esta utiliza diferentes parâmetros e procedimentos de outros tipos de posturografia, o que dificulta a comparação quantitativa de resultados.

O índice de risco de queda no grupo experimental apresentou aumento significativo, classificado como moderado. Não encontramos citações da literatura sobre o índice de risco de quedas à posturografia estática do Tetrax™ em pacientes vertiginosos com hipofunção vestibular unilateral.

Tabela 2 Análise comparativa das faixas de frequências de Fourier nas oito condições do Tetrax Interactive Balance System (Tetrax™) em 32 indivíduos do grupo controle e em 25 pacientes vertiginosos com hipofunção vestibular unilateral do grupo experimental

Condição	F1	F2-F4			F5-F6			F7-F8		
		Hipofunção	Controle	p-valor	Hipofunção	Controle	p-valor	Hipofunção	Controle	p-valor
NO	16,1 ± 10,5	11,3 ± 5,6	0,085 ^a	7,8 ± 3,6	6,2 ± 1,7	0,044 ^{b*}	3,3 ± 1,5	2,6 ± 0,8	0,4 ± 0,2	0,4 ± 0,1
NC	16,4 ± 12,6	13,7 ± 7,0	0,064 ^b	12,3 ± 6,7	8,5 ± 2,5	0,013 ^{b*}	5,4 ± 3,4	3,2 ± 1,0	0,7 ± 0,4	0,5 ± 0,3
PO	21,6 ± 19,7	17,1 ± 7,6	0,510 ^b	10,5 ± 6,4	7,1 ± 2,2	0,013 ^{b*}	4,7 ± 2,8	3,6 ± 1,4	0,7 ± 0,4	0,6 ± 0,1
PC	27,3 ± 20,4	21,3 ± 14,5	0,108 ^b	17,3 ± 9,7	11,2 ± 3,8	0,006 ^{b*}	7,1 ± 4,2	4,9 ± 1,6	1,3 ± 0,9	0,9 ± 0,3
HR	17,9 ± 15,0	13,3 ± 7,1	0,072 ^b	11,5 ± 6,5	7,8 ± 2,6	0,008 ^{b*}	4,9 ± 2,8	3,3 ± 1,0	0,7 ± 0,5	0,5 ± 0,2
HL	17,5 ± 9,2	14,1 ± 9,5	0,088 ^b	11,9 ± 7,4	7,4 ± 1,9	0,007 [*]	5,0 ± 2,8	3,2 ± 1,2	0,8 ± 0,4	0,5 ± 0,2
HB	24,2 ± 19,0	17,1 ± 9,3	0,123 ^a	15,3 ± 9,6	8,3 ± 2,6	0,002 ^{b*}	5,4 ± 1,2	3,5 ± 3,4	1,0 ± 0,6	0,6 ± 0,2
HF	17,1 ± 7,8	13,2 ± 6,8	0,020 ^{b*}	12,8 ± 7,2	7,7 ± 2,0	0,002 ^{b*}	5,2 ± 3,0	3,4 ± 1,0	0,8 ± 0,2	0,5 ± 0,4

NO, olhos abertos em superfície firme; NC, olhos fechados em superfície firme; PO, olhos fechados em superfície instável; PC, olhos fechados em superfície instável; HR, olhos fechados com rotação da cabeça para a direita em superfície firme; HL, olhos fechados com rotação da cabeça para a 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.

^a Teste de Mann-Whitney.

^b Teste t de Student.

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

Tabela 3 Análise comparativa dos índices de sincronização nas oito condições do Tetrax Interactive Balance System (Tetrax™) em 32 indivíduos do grupo controle e em 25 pacientes vertiginosos com hipofunção vestibular unilateral do grupo experimental

Condição	AB		CD		AC	
	Hipofunção	Controle	Hipofunção	Controle	Hipofunção	Controle
NO	-835,6 ± 177,7	-781,0 ± 159,6	-800,4 ± 278,4	-772,6 ± 199,6	670,9 ± 281,6 ^a	509,3 ± 296,4
NC	-806,5 ± 192,8	-821,0 ± 236,9	-814,6 ± 172,9	-855,5 ± 44,8	650,1 ± 249,1	633,7 ± 305,5
PO	-763,4 ± 143,8	-656,6 ± 256,1	-706,3 ± 252,1	-716,4 ± 276,9	657,7 ± 226,3	625,9 ± 322,6
PC	-806,2 ± 182,0	-809,2 ± 141,9	-815,5 ± 147,1	-827,8 ± 133,7	766,0 ± 194,3	747,1 ± 192,0
HR	-863,1 ± 107,8	-780,2 ± 262,0	-843,8 ± 104,5	-816,6 ± 185,3	720,3 ± 155,0	571,9 ± 323,7
HL	-820,5 ± 198,3	-836,5 ± 173,4	-812,8 ± 201,7	-863,7 ± 106,8	594,3 ± 305,0	681,4 ± 218,3
HB	-897,8 ± 83,3	-817,7 ± 195,3	-859,9 ± 163,9	-861,1 ± 191,6	759,5 ± 197,7	655,5 ± 307,9
HF	-859,0 ± 131,1	-850,7 ± 156,4	-831,1 ± 155,5	-841,0 ± 188,8	690,8 ± 200,2	618,5 ± 274,4

Condição	BD		AD		BC	
	Hipofunção	Controle	Hipofunção	Controle	Hipofunção	Controle
NO	798,8 ± 263,0 ^a	738,9 ± 63,7	-882,2 ± 206,9 ^a	-833,2 ± 143,2	-895,8 ± 46,8 ^a	-805,3 ± 1195,5
NC	808,4 ± 141,8	846,6 ± 107,8	-899,7 ± 70,3	-864,9 ± 163,3	-913,3 ± 52,9	-884,3 ± 110,5
PO	664,4 ± 223,6	596,9 ± 286,3	-907,8 ± 83,1	-905,8 ± 96,3	-898,7 ± 100,7	-905,3 ± 103,4
PC	757,4 ± 184,4	785,0 ± 139,7	-937,5 ± 45,5	-939,9 ± 47,8	-943,6 ± 41,8	-933,1 ± 66,7
HR	790,6 ± 178,8	785,8 ± 217,9	-889,0 ± 76,1	-838,6 ± 156,1	-888,3 ± 105,2	-872,3 ± 120,9
HL	821,5 ± 142,2	803,9 ± 167,1	-871,8 ± 75,3	-874,2 ± 125,3	-872,9 ± 99,9	-875,7 ± 125,3
HB	884,6 ± 109,4 ^a	823,3 ± 182,9	-936,7 ± 49,1 ^a	-862,4 ± 136,2	-919,2 ± 81,2	-887,4 ± 105,4
HF	839,5 ± 92,9	822,9 ± 181,6	-905,9 ± 58,6	-864,0 ± 116,0	-904,6 ± 61,9	-851,8 ± 159,5

AB, índice de sincronização entre as plataformas referentes aos dedos e calcanhar do pé esquerdo; CD, índice de sincronização entre dedos 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.

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

O grupo experimental apresentou valores aumentados do índice de distribuição de peso nas oito condições avaliadas, mas de modo significativo somente na condição de olhos fechados sobre almofada. Estes achados concordam com o relato de que, em situações de estresse vestibular, como nas condições de olhos fechados e superfície instável, pacientes com vestibulopatias periféricas apresentam piora significativa na distribuição de peso.¹²

Quanto ao índice de estabilidade, o grupo experimental apresentou aumento em todas as condições avaliadas, mas de modo significativo nas condições de olhos fechados sobre superfície firme, cabeça para a esquerda, cabeça para trás, cabeça para frente e olhos fechados em superfície instável. Os valores do grupo controle estiveram dentro dos parâmetros de referência¹⁰ em todas as condições, indicando pouca oscilação sobre as quatro placas e evidenciando uma boa estabilidade global. Esses resultados sugerem que a hipofunção vestibular unilateral compromete a estabilidade postural, principalmente em situações com privação de informações visuais e perturbação das informações proprioceptivas, à semelhança do que foi encontrado na comparação entre um grupo de pacientes com tontura e um grupo controle.¹²

O grupo experimental apresentou aumento significativo dos valores em todas as faixas de frequência de oscilação postural na condição cabeça para frente, nas faixas F2-F4, F5-F6 e F7-F8 nas condições olhos fechados em superfície firme, cabeça para a direita, para a esquerda, para trás, olhos abertos em superfície instável e olhos fechados em superfície instável, e nas faixas F2-F4 e F5-F6 na condição olhos abertos em superfície firme. Valores maiores de oscilação foram observados na faixa baixa (F1) e valores menores nas faixas médio-alta (F5-F6) e alta (F7-F8). O aumento da oscilação na faixa médio-baixa (F2-F4) encontrado no grupo experimental é esperado na disfunção vestibular periférica; a dominância das oscilações na faixa baixa (F1) poderia indicar a influência da preferência visual no controle postural; oscilações dominantes na faixa médio-alta (F5-F6) indicariam disfunção somatossensorial, e na alta (F7-F8), disfunção vestibular central.⁹ Não encontramos citações na literatura sobre as faixas de frequência à posturografia estática do Tetrax™ em pacientes vertiginosos com hipofunção vestibular unilateral.

Foi encontrado no grupo experimental aumento significativo do índice de sincronização da oscilação postural entre calcanhares direito e esquerdo (AC), dedos do pé direito e

dedos do pé esquerdo (BD), calcanhar esquerdo e dedos do pé direito (AD) e dedos do pé esquerdo e calcanhar do direito (BC) na condição olhos abertos em superfície firme e nas sincronizações BD e AD na condição cabeça para trás. Os valores do índice de sincronização nas oito condições foram simétricos e positivos ou negativos, de acordo com o esperado em indivíduos hígidos⁹ tanto no grupo controle como no experimental, indicando coordenação e sincronia. Não encontramos citações da literatura sobre os índices de sincronizações à posturografia estática do TetraxTM em pacientes vertiginosos com hipofunção vestibular unilateral.

Os parâmetros avaliados pelo TetraxTM foram sensíveis para demonstrar alterações no mecanismo de controle postural em nossos pacientes vertiginosos com hipofunção vestibular. Nesta pesquisa, o TetraxTM proporcionou dados relevantes quanto às alterações do índice de estabilidade geral, índice de distribuição de peso, 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 em pacientes vertiginosos com hipofunção vestibular unilateral. A identificação das características do distúrbio do equilíbrio corporal em pacientes vertiginosos pode ter implicações diagnósticas, preventivas e terapêuticas. Novas pesquisas devem ser desenvolvidas para um melhor esclarecimento da relação entre as alterações destes parâmetros sobre o controle postural e a hipofunção vestibular encontrado em diferentes quadros clínicos otoneurológicos.

Conclusão

Alterações de distribuição de peso, sincronização da oscilação postural direita/esquerda e dedos/calcanhares, faixas de frequência de oscilação postural e do índice de risco de queda caracterizam o comprometimento do controle postural em pacientes vertiginosos com hipofunção vestibular unilateral, à posturografia do TetraxTM *Interactive Balance System*.

Financiamento

Este estudo foi conduzido pelo CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior).

Conflitos de interesse

Os autores declaram não haver conflitos de interesse.

Referências

1. Horak BF, Shupert CL. Função do sistema vestibular no controle postural. Em: Herdman SJ. Reabilitação vestibular. São Paulo: Manole; 2002. p. 25-51.
2. Bittar RSM. Como a posturografia dinâmica computadorizada pode nos ajudar nos casos de tontura. Arq Int Otorrinolaringol. 2007;11:330-3.
3. Ganança MM, Caovilla HH, Ganança FF, Dona F, Branco F, Paulino CA, et al. Vertigem. Rev Bras Med. 2008;65:6-14.
4. Gazzola JM, Perracini MR, Ganança MM, Ganança FF. Fatores associados ao equilíbrio funcional em idosos com disfunção vestibular crônica. Braz J Otorhinolaryngol. 2006;72:683-90.
5. Pereira SRM. O idoso que cai. In: Sociedade Brasileira de Geriatria e Gerontologia. Caminhos do envelhecer. Rio de Janeiro: Revinter; 1994. p. 217-21.
6. Ganança MM, Caovilla HH, Ganança FF. Electronystagmography versus videonystagmography. Braz J Otorhinolaryngol. 2010;76:399-403.
7. Ganança MM, Caovilla HH, Munhoz MSL, Silva MLG, Ganança FF, Ganança CF. O que esperar da equilibrimetria. Em: Caovilla HH, Ganança MM, Munhoz MSL, Silva MLG. Equilibrimetria clínica. São Paulo: Atheneu; 1999. p. 23-9.
8. Duarte M, Freitas SMF. Revisão sobre posturografia baseada em plataforma de força para avaliação do equilíbrio. Rev Bras Fisioter. 2010;14:183-9.
9. Tetrax. Guida per operatore clinico. Italia: Sunlight Medical Ltd.; 2004.
10. Kohen-Raz R, Volkmar FR, Cohen DJ. Postural control in children with autism. J Autism Dev Disord. 1992;22:419-32.
11. Fukunaga JY, Quitschal RM, Ganança MM, Caovilla HH. Of the posturography of the Tetrax interactive balance system in healthy individuals: preliminary study. Int Arch Otorhinolaryngol. 2012;16:17.
12. Kohen-Raz R, Sokolov A, Kohen-Raz A, Demmer M, Harell M. Posturographic correlates of peripheral and central vestibular disorders as assessed by electronystagmography (ENG) and the Tetrax Interactive Balance System. Em: Reid A, Marchbanks R, Ernst A. Intercranial & Inner ear physiology & pathophysiology. London: Whurr; 1998. p.231-6.
13. Albertino S, Bittar RSM, Bottino MA, Ganança MM, Gonçalves DU, Greters ME, et al. Air caloric test reference values. Braz J Otorhinolaryngol. 2012;78:2.
14. Barros ACMP, Caovilla HH. From nystagmus to the air and water caloric tests. Braz J Otorhinolaryngol. 2012;78:120-5.