

# Controle postural na doença de Menière

## Postural control in Menière's disease

Adriana Marques da Silva<sup>1</sup> , Maristela Mian Ferreira<sup>1</sup> , Suelen Cesaroni<sup>1</sup> ,  
Thais Alvares de Abreu e Silva Grigo<sup>2</sup> , Maurício Malvasi Ganança<sup>3</sup> , Heloisa Helena Caovilla<sup>2</sup> 

### RESUMO

**Objetivo:** Avaliar o controle postural na doença de Menière. **Métodos:** 34 pacientes com doença de Menière definida (grupo experimental) e 34 indivíduos hígidos (grupo controle), homogêneos quanto à idade e ao gênero, foram submetidos à posturografia do *Tetrax Interactive Balance System (Tetrax IBS™)* em oito condições sensoriais. Índice de estabilidade, índice de distribuição de peso, índice de sincronização da oscilação postural direita/esquerda e dedos/calcanhar, frequência de oscilação postural e índice de risco de queda foram analisados. **Resultados:** O índice de estabilidade foi maior no grupo experimental, com diferença significativa entre os grupos, em todas as condições sensoriais testadas. O risco de queda foi maior no grupo experimental do que no grupo controle. A oscilação postural foi maior no grupo experimental em todas as faixas de frequência, com diferença significativa em algumas delas. Não houve diferença significativa entre os grupos nos índices de distribuição de peso e de sincronização, nas oito condições sensoriais avaliadas. **Conclusão:** Pacientes com doença de Menière apresentam comprometimento do controle postural, caracterizado por alterações do índice de estabilidade, em frequências de oscilação postural e no índice de risco de queda.

**Palavras-chave:** Doença de Menière; Controle postural; Testes de função vestibular; Tontura; Vertigem

### ABSTRACT

**Purpose:** To evaluate postural control in Menière's disease. **Methods:** 34 patients with Menière's disease (experimental group) and 34 healthy individuals (control group) were submitted to Tetrax Interactive Balance System posturography under eight sensory conditions. Stability, weight distribution, synchronization, risk of falling and postural oscillation frequency were analyzed. **Results:** Stability index was higher in the experimental group with significant difference between the groups in all sensory conditions. Risk of falling was higher in the experimental group than in the control. Postural oscillation was higher in the experimental group in all frequency ranges, with significant difference in some of them. There was no significant difference between the groups in the weight distribution and synchronization indexes. **Conclusion:** In this study, Menière's disease patients presented impaired postural control, characterized by postural instability and oscillation and risk of falling.

**Keywords:** Menière's disease; Postural control; Vestibular function tests; Dizziness; Vertigo

Trabalho realizado na Escola Paulista de Medicina – EPM, Universidade Federal de São Paulo – UNIFESP – São Paulo (SP), Brasil.

<sup>1</sup>Programa de Pós-graduação em Distúrbios da Comunicação Humana: Campo Fonoaudiológico (Doutorado), Escola Paulista de Medicina – EPM, Universidade Federal de São Paulo – UNIFESP – São Paulo (SP), Brasil.

<sup>2</sup>Programa de Pós-graduação em Otorrinolaringologia e Cirurgia de Cabeça e Pescoço (Mestrado), Escola Paulista de Medicina – EPM, Universidade Federal de São Paulo – UNIFESP – São Paulo (SP), Brasil.

<sup>3</sup>Escola Paulista de Medicina – EPM, Universidade Federal de São Paulo – UNIFESP – São Paulo (SP), Brasil.

**Conflito de interesses:** Não.

**Contribuição dos autores:** AMS foi responsável pela concepção e desenho do estudo, coleta, análise e interpretação dos dados, redação e revisão do artigo e aprovação final da versão a ser publicada; MMF foi responsável pela coleta e análise dos dados e aprovação final da versão a ser publicada; SC foi responsável pela coleta, análise e interpretação dos dados e aprovação final da versão a ser publicada; TAASG foi responsável pela coleta, análise e interpretação dos dados e aprovação final da versão a ser publicada; MMG foi responsável pela concepção e delineamento do estudo, análise e interpretação dos dados, redação e revisão crítica do artigo quanto ao conteúdo intelectual e aprovação final da versão a ser publicada; HHC foi responsável pela orientação, idealização e delineamento do estudo, análise, interpretação dos dados, redação e revisão crítica do artigo quanto ao conteúdo intelectual e aprovação final da versão a ser publicada.

**Financiamento:** Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) - processo número 1784554.

**Autor correspondente:** Adriana Marques da Silva. E-mail: [adriana10marques@gmail.com](mailto:adriana10marques@gmail.com)

**Recebido:** Setembro 16, 2021; **Aceito:** Outubro 25, 2022

## INTRODUÇÃO

A doença de Menière, descrita inicialmente em 1861 por Prosper Menière, está entre as causas mais frequentes de vestibulopatias. A associação entre ataques recorrentes de vertigem, acompanhados de plenitude auricular, zumbido e perda auditiva flutuante caracterizam essa doença; instabilidade postural, quedas súbitas, náusea e vômito também podem ocorrer<sup>(1)</sup>. As informações sobre a prevalência da doença de Menière dependem dos critérios diagnósticos utilizados, banco de dados, país e etnia dos pacientes; nos Estados Unidos, menos de 0,2% da população tem a afecção; a prevalência aumenta linearmente com a idade até os 60 anos, na proporção de três mulheres para dois homens<sup>(2)</sup>.

A etiologia da doença de Menière não está bem definida, mas tem sido associada ao aumento do volume da endolinfa<sup>(3)</sup>. Teorias sugerem variação no tamanho ou posição do saco e ducto endolinfático, inflamação viral ou envolvimento autoimune, anormalidade genética no controle da endolinfa ou obstrução do ducto *reuniens*, ducto sacular e saco endolinfático por otólitos saculares<sup>(4)</sup>.

Embora o diagnóstico da doença de Menière seja clínico, baseado nos sintomas característicos, a realização de exames auxilia no diagnóstico diferencial, quantifica a vestibulopatia e monitora o estado funcional do sistema vestibular<sup>(5)</sup>.

As provas vestibulares convencionais, como a nistagmografia, avaliam o reflexo vestibulo-ocular por meio de pesquisa de vertigem e nistagmo posicional, estímulos visuais, rotatórios e térmicos, mas são insuficientes para analisar a função vestibular como um todo. A posturografia complementa a avaliação vestibular da rotina clínica e pode identificar o risco de queda<sup>(6)</sup>, mensurando a estabilidade postural por meio de uma plataforma de força sensível à pressão. Essa plataforma fornece dados sobre a oscilação corporal do paciente, informando como o indivíduo utiliza as pistas vestibulares, visuais, somatossensoriais e as integra no tronco encefálico para manter o equilíbrio corporal<sup>(7)</sup>.

A posturografia estática do *Tetrax Interactive Balance System* (*Tetrax IBS™*) mede o equilíbrio e a oscilação postural por meio de uma plataforma composta por quatro placas sensoras independentes, que captam as variações da distribuição do peso e comparam os valores dos dedos e calcanhar de cada pé e de cada calcanhar com os dedos do pé contralateral. Em cada placa, o aferidor de tensão transforma as variações das forças verticais em sinais elétricos de onda analógica<sup>(8)</sup>.

O interesse por esta pesquisa surgiu diante da observação da ocorrência de instabilidade postural e quedas em pacientes com doença de Menière. A caracterização do envolvimento dos sistemas vestibular, visual e/ou proprioceptivo no controle postural é imprescindível para nortear a elaboração de uma proposta terapêutica personalizada.

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

## MÉTODOS

Este estudo, de corte transversal, descritivo e analítico, foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Universidade Federal de São Paulo - Escola Paulista de Medicina (EPM-UNIFESP) sob o número 46696415.2.0000.5505.

Os pacientes participantes desta pesquisa foram avaliados entre os anos de 2015 e 2017 e selecionados sequencialmente no Ambulatório de Equilíbrio da Disciplina de Otologia e Otonurologia do Departamento de Otorrinolaringologia e Cirurgia de Cabeça e Pescoço da EPM-UNIFESP.

O grupo experimental foi composto por pacientes com diagnóstico médico de doença de Menière definida<sup>(1)</sup> no período intercrítico da afecção, avaliados entre oito e 60 dias após a última crise vertiginosa<sup>(9-11)</sup>. O período intercrítico foi definido como o período de tempo que se inicia após um episódio agudo e se estende até o seguinte, sendo caracterizado por melhora parcial ou total dos sintomas característicos da afecção, como vertigem, náusea, vômito, nistagmo espontâneo, perda auditiva, plenitude auricular e/ou zumbido.

Foram incluídos 34 pacientes dos gêneros feminino e masculino, com idades entre 30 e 65 anos, com deambulação independente de dispositivos auxiliares e que aceitaram participar da pesquisa, mediante a assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE). Foram excluídos pacientes com distúrbios neurológicos e psiquiátricos, incapacidade para compreender e atender a comando verbal simples, acuidade visual gravemente diminuída, não compensada com o uso de lentes corretivas, impossibilidade de permanecer de forma independente na posição ortostática, distúrbios ortopédicos de membros inferiores que restringiam movimentos e pacientes amputados ou em uso de próteses de membros inferiores. Como parte do diagnóstico médico e para descartar a influência de perda auditiva severa, todos os pacientes realizaram audiometria tonal liminar, discriminação vocal e imitanciométrica. Quando necessário, foi prescrito e adaptado aparelho de amplificação sonora individual.

No grupo controle, foram incluídos 34 indivíduos hígidos, voluntários da comunidade universitária onde a pesquisa foi realizada, dos gêneros feminino e masculino, com idades variando entre 30 e 65 anos, sem histórico de sintomas vestibulares e/ou auditivos e que aceitaram participar da pesquisa, assinando o TCLE.

Os indivíduos dos grupos controle e experimental foram submetidos à avaliação do equilíbrio corporal por meio da posturografia do *Tetrax IBS™*, da Sunlight Medical Ltd., em uma sala silenciosa e semiescura. O equipamento inclui um computador com o programa instalado, colchonetes de espuma e uma plataforma de força com corrimão (Figura 1). A plataforma, composta por quatro placas (A-B-C-D) independentes e integradas, foi colocada sobre piso nivelado sem carpete. Um alvo, constituído por um ponto circular, foi posicionado na parede na altura dos olhos e a um metro à frente do indivíduo a ser avaliado.

A posturografia do *Tetrax IBS™* aferiu as variações da força vertical gerada pelos calcanhares e pontas dos pés, caracterizando a oscilação corporal, de acordo com o deslocamento do centro de pressão. Foram avaliados os seguintes índices: risco de queda, estabilidade, distribuição de peso, sincronização da oscilação postural direita/esquerda e dedos/calcanhar e as faixas de frequência de oscilação postural<sup>(8)</sup>.

As respostas foram captadas com o indivíduo descalço em pé, em posição ereta e braços estendidos ao longo do corpo, olhando o alvo durante 32 segundos, em oito condições: NO – superfície estável, posição neutra da cabeça, olhos abertos; NC – superfície estável, posição neutra da cabeça, olhos fechados; PO – superfície instável, posição neutra da cabeça, olhos abertos; PC – superfície instável, posição neutra da cabeça,



**Figura 1.** Tetrax Interactive Balance System (Tetrax IBS™)  
 Fonte: A autora (2019)

olhos fechados; HR – superfície estável, cabeça com rotação de 45 graus para a direita, olhos fechados; HL – superfície estável, cabeça com rotação de 45 graus para a esquerda, olhos fechados; HB - superfície estável, extensão da cabeça, olhos fechados; e HF – superfície estável, flexão da cabeça, olhos fechados. O examinador permaneceu próximo do participante durante todo o procedimento.

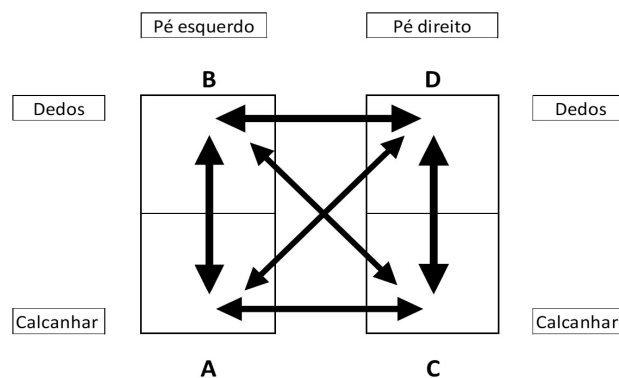
O índice de estabilidade avaliou a habilidade para compensar as modificações posturais e a quantidade de oscilações sobre as quatro placas sensoras, de acordo com o peso corporal. Por ser uma média da oscilação registrada por cada placa, quanto maior o escore, menor a estabilidade<sup>(8)</sup>.

O índice de distribuição do peso comparou os desvios da distribuição de peso em cada placa sensora, em relação a um valor médio esperado de 25,0%; quanto maior o valor, maior a distribuição anormal do peso em cada placa<sup>(8)</sup>.

Os índices de sincronização da oscilação postural direita/esquerda e calcanhares/dedos mediram a coordenação entre os membros inferiores e a simetria na distribuição do peso. Para cada condição, seis sincronizações foram aferidas (Figura 2): entre os calcanhares e os dedos de cada pé (AB, CD); entre os dois calcanhares e os dedos dos dois pés (AC, BD) e as duas diagonais, entre o calcanhar de um pé com os dedos do pé contralateral (AD, BC)<sup>(8)</sup>.

As frequências da oscilação postural variam em um espectro entre 0,01 e 3,0 Hz e foram aferidas por meio da Transformação de Fourier, um tratamento matemático dos sinais de onda da oscilação corporal do indivíduo em relação ao plano horizontal, com o objetivo de manter a posição vertical. O Tetrax IBS™ subdividiu 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 e alta (F7-F8), acima de 1,0 Hz<sup>(8)</sup>.

O índice de risco de queda analisou os resultados dos parâmetros do Tetrax IBS™ nas oito condições sensoriais, variável entre 0,0 e 100,0%. Foram julgados como “risco baixo”



**Figura 2.** Indicação das sincronizações da oscilação postural entre as placas sensoras do Tetrax Interactive Balance System (Tetrax IBS™)

valores entre 0,0 e 36,0%, “risco moderado”, valores entre 37,0 e 58,0% e “risco alto”, entre 59,0 e 100,0%<sup>(8)</sup>.

Todos os dados foram submetidos à análise estatística descritiva, para caracterização da amostra, utilizando as frequências relativa e absoluta, média, desvio padrão, mediana e valores mínimo e máximo. Foi utilizado o teste Shapiro-Wilk para verificar a normalidade dos dados; as variáveis numéricas foram analisadas por meio do teste paramétrico t de Student e pelo teste não paramétrico de Mann-Whitney, enquanto as variáveis categóricas foram analisadas por meio do teste não paramétrico do Qui-quadrado. O nível de significância adotado foi de 5,0% (p menor ou igual a 0,05) e os programas Estatística R e o Excel Office 2016 foram utilizados para os cálculos.

## RESULTADOS

A amostra foi composta por 34 pacientes no grupo experimental e 34 no grupo controle. Dos 34 pacientes do grupo experimental com doença de Menière, 24 (70,59%) eram do gênero feminino e 10 (29,41%), do gênero masculino. O grupo controle foi composto por 28 indivíduos do gênero feminino (82,35%) e 6 (17,65%) do gênero masculino. O grupo com doença de Menière apresentou idades entre 30 e 60 anos (média de idade de 50,26 anos; desvio padrão de 8,37 anos), e o grupo controle, entre 32 e 64 anos (média de 46,88 anos; desvio padrão de 8,64 anos). Os grupos apresentaram o mesmo perfil quanto ao gênero (p=0,253) e à idade (p=0,067).

A Tabela 1 apresenta os valores descritivos e a análise comparativa do índice de estabilidade do grupo experimental e do grupo controle no Tetrax IBS™. O valor do índice de estabilidade foi maior no grupo com doença de Menière do que no grupo controle, em todas as condições sensoriais, com diferença estatisticamente significativa entre os grupos.

A Tabela 2 apresenta os valores descritivos e a análise comparativa entre o grupo experimental e o grupo controle no Tetrax IBS™ quanto ao índice de distribuição de peso. O valor do índice de distribuição de peso foi maior no grupo com doença de Menière do que no grupo controle, em todas as condições sensoriais, sem diferença estatisticamente significativa entre os grupos.

A Tabela 3 mostra os valores descritivos e a análise comparativa do índice de sincronização da oscilação postural direita/esquerda e dedos/calcanhares do grupo experimental e do grupo controle

**Tabela 1.** Valores descritivos e análise comparativa do índice de estabilidade nas condições sensoriais do *Tetrax Interactive Balance System* (*Tetrax IBS™*) nos grupos experimental e controle

Condições sensoriais	Grupos	Média	Desvio padrão	Valor mínimo	Mediana	Valor máximo	Valor de p
Olhos abertos / Superfície estável	DM	17,27	08,77	06,98	14,71	50,99	0,001*
	C	11,79	03,03	07,11	11,42	18,97	
Olhos fechados / Superfície estável	DM	27,48	18,86	09,11	20,72	100,85	0,007'
	C	16,81	05,30	08,73	16,61	26,56	
Olhos abertos / Superfície instável	DM	25,49	11,18	13,89	22,67	67,25	0,000'
	C	17,62	05,49	10,14	16,25	31,57	
Olhos fechados / Superfície instável	DM	36,24	18,03	19,40	30,81	107,08	0,032'
	C	27,37	07,50	14,59	26,88	39,36	
Olhos fechados / Cabeça para direita / Superfície estável	DM	25,72	16,47	11,78	19,98	91,82	0,000'
	C	15,31	04,36	06,50	15,73	21,04	
Olhos fechados / Cabeça para esquerda / Superfície estável	DM	26,43	16,88	09,99	22,56	93,98	0,000'
	C	15,80	05,44	06,82	14,56	29,80	
Olhos fechados / Cabeça para trás / Superfície estável	DM	25,77	17,79	10,51	20,82	108,60	0,002'
	C	16,25	04,51	08,03	15,89	28,73	
Olhos fechados / Cabeça para frente / Superfície estável	DM	26,33	17,87	10,29	21,13	100,88	0,001'
	C	16,17	05,72	07,65	14,79	30,20	

Teste de Mann-Whitney; \*Diferença estatisticamente significativa entre os grupos (p-valor  $\leq 0,05$ )

Legenda: DM = doença de Menière; C = controle

**Tabela 2.** Valores descritivos e análise comparativa do índice de distribuição de peso (%) nas condições sensoriais do *Tetrax Interactive Balance System* (*Tetrax IBS™*) nos grupos experimental e controle

Condições sensoriais	Grupos	Média	Desvio padrão	Valor mínimo	Mediana	Valor máximo	Valor de p
Olhos abertos / Superfície estável	DM	5,61	3,02	1,14	5,55	13,64	0,589 <sup>a</sup>
	C	5,23	2,76	1,29	4,76	12,32	
Olhos fechados / Superfície estável	DM	5,67	3,15	0,87	5,33	15,28	0,199 <sup>b</sup>
	C	4,79	2,39	0,72	4,63	11,23	
Olhos abertos / Superfície instável	DM	4,85	2,30	0,97	4,11	11,16	0,589 <sup>a</sup>
	C	4,73	2,62	1,26	4,38	10,88	
Olhos fechados / Superfície instável	DM	4,67	3,02	0,68	3,80	13,83	0,922 <sup>a</sup>
	C	4,19	2,15	0,55	3,89	10,06	
Olhos fechados / Cabeça para direita / Superfície estável	DM	5,53	2,84	1,21	5,04	11,99	0,281 <sup>b</sup>
	C	4,81	2,61	0,91	4,25	11,20	
Olhos fechados / Cabeça para esquerda / Superfície estável	DM	5,78	2,70	1,30	5,29	12,91	0,269 <sup>b</sup>
	C	5,13	2,04	1,58	5,36	10,27	
Olhos fechados / Cabeça para trás / Superfície estável	DM	5,60	2,67	1,75	5,17	12,20	0,251 <sup>b</sup>
	C	4,85	2,64	1,31	4,32	12,19	
Olhos fechados / Cabeça para frente / Superfície estável	DM	5,97	2,74	1,18	5,23	12,47	0,382 <sup>b</sup>
	C	5,40	2,61	1,15	5,34	13,17	

<sup>a</sup>Teste de Mann-Whitney; <sup>b</sup>Teste t de Student

Legenda: DM = doença de Menière; C = controle

no *Tetrax IBS™*, nas oito condições sensoriais. Não houve diferença estatisticamente significativa entre os grupos nas sincronizações avaliadas nas oito condições sensoriais.

A Tabela 4 apresenta os valores descritivos e a análise comparativa das faixas de frequência da oscilação postural do grupo experimental e do grupo controle, nas oito condições sensoriais no *Tetrax IBS™*. Os valores foram maiores no grupo com doença de Menière do que no grupo controle, com diferença significativa nas seguintes faixas de frequências: baixa (F1), nas condições de olhos abertos e fechados e superfície firme, com

olhos abertos e superfície instável e na condição com cabeça inclinada para a direita e superfície estável; médio-baixas (F2-F4) em todas as condições sensoriais testadas; médio-altas (F5-F6), em 7 condições sensoriais; alta (F7-F8), nas condições de olhos abertos e fechados e superfície firme e de olhos abertos e superfície instável.

A Tabela 5 apresenta os valores descritivos e a análise comparativa do índice e grau de risco de queda do grupo controle e do grupo experimental no *Tetrax IBS™*. O grupo com doença de Menière apresentou maior risco de queda do que o grupo

Tabela 3. Valores descritivos e análise comparativa dos índices de sincronização nas oito condições do Tetrax Interactive Balance System (Tetrax IBS™) nos grupos experimental e controle

Sincronizações	AB		CD		AC		BD		AD		BC		Valor de p							
	DM (n=34)	C (n=34)	DM (n=34)	C (n=34)	DM (n=34)	C (n=34)	DM (n=34)	C (n=34)	DM (n=34)	C (n=34)	DM (n=34)	C (n=34)								
NO	média	-831,05	-801,68	0,556	-797,56	-806,31	0,759	587,84	577,51	0,990	818,10	769,41	0,158	-863,86	-859,11	0,731	-862,77	-838,87	0,668	
	mínimo	-981,71	-980,37	-986,84	-978,90	33,55	-102,29	960,24	913,40	985,10	949,31	985,10	949,31	-587,46	-610,41	-986,80	-978,36	-988,77	-984,55	
	máximo	-494,90	-140,71	-335,85	-413,18	960,24	913,40	960,24	913,40	985,10	949,31	985,10	949,31	-587,46	-610,41	-986,80	-978,36	-988,77	-984,55	
NC	média	-807,87	-820,15	0,864	-792,38	-867,31	0,315	590,28	667,24	0,516	783,75	869,83	0,151	-860,87	-885,51	-987,76	-982,87	-871,93	-919,34	0,093
	mínimo	-990,99	-986,57	-977,87	-979,44	-977,87	-979,44	-586,53	-428,74	178,01	510,42	178,01	510,42	-987,76	-982,87	-987,76	-982,87	-988,38	-975,70	
	máximo	-130,66	296,50	162,47	-482,09	162,47	-482,09	951,94	941,51	976,40	980,81	976,40	980,81	48,80	-141,83	48,80	-141,83	-340,41	-656,38	
HR	média	-789,08	-835,00	0,432	-778,47	-872,69	0,508	593,61	658,66	0,816	827,83	866,22	0,750	-897,52	-877,59	-974,14	-985,92	-907,90	-902,73	0,741
	mínimo	-986,94	-989,37	-969,83	-985,42	-969,83	-985,42	-428,00	-379,18	444,02	592,50	444,02	592,50	-974,14	-985,92	-974,14	-985,92	-970,22	-981,92	
	máximo	192,99	196,79	-198,72	-640,71	-198,72	-640,71	932,78	952,65	978,98	989,21	978,98	989,21	932,78	952,65	932,78	952,65	-667,59	-685,94	
HL	média	-755,62	-832,99	0,650	-778,58	-843,85	0,198	567,18	644,93	0,606	802,23	813,47	0,951	-882,28	-875,86	-984,53	-983,22	-901,99	-878,86	0,384
	mínimo	-976,93	-966,10	-975,19	-984,35	-975,19	-984,35	-492,94	88,43	263,63	500,76	263,63	500,76	-984,53	-983,22	-984,53	-983,22	-975,76	-983,85	
	máximo	4,89	-467,66	-70,41	-434,82	-70,41	-434,82	892,10	905,32	892,10	978,90	892,10	978,90	-372,18	-423,19	-372,18	-423,19	-673,26	-615,18	
HB	média	-822,76	-865,64	0,686	-831,12	-874,98	0,371	586,93	680,33	0,411	822,50	892,29	0,244	-851,28	-892,51	-985,57	-988,52	-855,03	-897,12	0,234
	mínimo	-989,12	-986,31	-985,38	-989,76	-985,38	-989,76	-700,42	-116,18	191,91	598,19	191,91	598,19	-985,57	-988,52	-985,57	-988,52	-985,65	-988,75	
	máximo	341,26	-279,70	130,42	-257,07	130,42	-257,07	961,94	942,67	988,27	987,48	988,27	987,48	-422,47	-345,52	-422,47	-345,52	-3,17	-572,06	
HF	média	-820,11	-883,07	0,556	-809,70	-898,78	0,189	590,65	703,18	0,477	845,91	887,14	0,704	-875,76	-888,76	-982,55	-976,88	-885,69	-898,83	0,371
	mínimo	-994,47	-983,81	-987,79	-992,88	-987,79	-992,88	-339,06	234,48	265,50	635,69	265,50	635,69	-982,55	-976,88	-982,55	-976,88	-973,86	-984,24	
	máximo	89,24	-616,59	-270,41	-698,63	-270,41	-698,63	955,19	942,09	973,96	973,07	973,96	973,07	-489,14	-728,27	-489,14	-728,27	-519,20	-476,33	
PO	média	-751,33	-719,77	0,358	-801,08	-715,60	0,484	673,55	633,05	0,768	755,69	670,83	0,309	-907,59	-893,24	-989,24	-991,86	-922,43	-927,43	0,371
	mínimo	-981,07	-967,69	-980,91	-981,76	-980,91	-981,76	-199,75	-197,04	19,86	87,70	19,86	87,70	-989,24	-991,86	-989,24	-991,86	-989,52	-992,88	
	máximo	-1,49	-172,16	-428,76	72,42	-428,76	72,42	955,62	980,10	980,47	967,42	980,47	967,42	-524,31	-484,03	-524,31	-484,03	-706,27	-671,19	
PC	média	-794,64	-836,13	0,434	-803,61	-852,77	0,211	720,91	758,35	0,556	782,09	822,95	0,309	-933,35	-932,86	-989,00	-990,06	-945,27	-943,59	0,980
	mínimo	-981,14	-981,15	-968,22	-985,32	-968,22	-985,32	213,06	464,14	172,68	-55,00	172,68	-55,00	-989,00	-990,06	-989,00	-990,06	-987,98	-993,51	
	máximo	-224,02	-533,26	-166,30	-428,64	-166,30	-428,64	962,96	964,21	961,60	984,79	961,60	984,79	-727,42	-702,74	-727,42	-702,74	-831,28	-770,34	

Teste de Mann-Whitney

Legenda: DM = doença de Menière; C = controle; NO = olhos abertos, superfície estável; NC = olhos fechados, superfície estável; PO = olhos abertos, superfície instável; PC = olhos fechados, superfície instável; HR = olhos fechados, superfície estável e cabeça para a esquerda; HL = olhos fechados, superfície estável e cabeça para trás; HF = olhos fechados, superfície estável e cabeça para frente; AB = índice de sincronização entre as plataformas referentes aos dedos e calcanhar do pé esquerdo; CD = índice de sincronização entre os dedos do pé esquerdo e o calcanhar do pé direito; AC = índice de sincronização entre os dois calcanhais; BD = índice de sincronização entre o calcanhar esquerdo e o calcanhar do pé direito; BC = índice de sincronização entre os dedos do pé esquerdo e o calcanhar do pé direito

**Tabela 4.** Análise comparativa das faixas de frequência de oscilação postural nas oito condições do *Tetrax Interactive Balance System (Tetrax IBS™)* nos grupos experimental e controle

Condições	F1			F2-F4			F5-F6			F7-F8		
	DM	C	Valor de p	DM	C	Valor de p	DM	C	Valor de p	DM	C	Valor de p
NO	17,10 ± 8,60	10,86 ± 4,57	0,000 <sup>a*</sup>	8,83 ± 4,10	5,66 ± 1,42	0,000 <sup>a*</sup>	3,69 ± 2,45	2,39 ± 0,73	0,002 <sup>a*</sup>	0,54 ± 0,30	0,38 ± 0,12	0,005 <sup>a*</sup>
NC	16,25 ± 10,63	12,05 ± 5,95	0,000 <sup>a*</sup>	14,02 ± 6,98	8,33 ± 2,42	0,000 <sup>a*</sup>	5,64 ± 4,33	3,14 ± 1,08	0,000 <sup>a*</sup>	0,86 ± 0,71	0,53 ± 0,22	0,000 <sup>a*</sup>
PO	26,07 ± 14,99	18,36 ± 7,65	0,020 <sup>a*</sup>	10,61 ± 4,03	6,71 ± 1,61	0,000 <sup>b*</sup>	5,29 ± 2,51	3,46 ± 1,05	0,000 <sup>a*</sup>	0,89 ± 0,43	0,61 ± 0,21	0,001 <sup>a*</sup>
PC	24,61 ± 17,95	21,22 ± 14,42	0,225 <sup>a</sup>	16,30 ± 7,03	11,53 ± 3,34	0,003 <sup>a*</sup>	6,46 ± 3,73	5,02 ± 1,60	0,166 <sup>a</sup>	1,11 ± 0,56	0,91 ± 0,31	0,155 <sup>a</sup>
HR	15,91 ± 10,37	10,89 ± 4,97	0,004 <sup>a*</sup>	13,25 ± 8,49	7,39 ± 1,77	0,000 <sup>a*</sup>	4,70 ± 2,93	2,85 ± 0,93	0,001 <sup>a*</sup>	0,70 ± 0,56	0,49 ± 0,18	0,206 <sup>a</sup>
HL	14,66 ± 9,05	11,38 ± 6,25	0,249 <sup>a</sup>	11,82 ± 6,02	7,08 ± 1,94	0,000 <sup>a*</sup>	5,05 ± 3,58	2,93 ± 1,15	0,001 <sup>a*</sup>	0,72 ± 0,56	0,55 ± 0,22	0,234 <sup>a</sup>
HB	16,28 ± 9,79	14,37 ± 7,50	0,581 <sup>a</sup>	12,29 ± 5,89	7,75 ± 1,66	0,000 <sup>a*</sup>	4,72 ± 3,38	2,84 ± 0,82	0,000 <sup>a*</sup>	0,75 ± 0,67	0,55 ± 0,20	0,397 <sup>a</sup>
HF	14,15 ± 7,38	13,24 ± 6,39	0,704 <sup>a</sup>	12,36 ± 7,32	7,70 ± 2,37	0,000 <sup>a*</sup>	5,15 ± 3,85	2,90 ± 1,27	0,000 <sup>a*</sup>	0,72 ± 0,53	0,56 ± 0,26	0,194 <sup>a</sup>

<sup>a</sup>Teste de Mann-Whitney; <sup>b</sup>Teste t de Student; \*Diferença estatisticamente significativa entre os grupos (p-valor ≤ 0,05)

**Legenda:** DM = doença de Menière; C = controle; NO = olhos abertos, superfície estável; NC = olhos fechados, superfície estável; PO = olhos abertos, superfície instável; PC = olhos fechados, superfície instável; HR = olhos fechados, superfície estável e cabeça para a direita; HL = olhos fechados, superfície estável e cabeça para a esquerda; HB = olhos fechados, superfície estável e cabeça para trás; HF = olhos fechados, superfície estável e cabeça para frente

**Tabela 5.** Valores descritivos e análise comparativa do grau de risco de queda nas condições sensoriais do *Tetrax Interactive Balance System (Tetrax IBS™)* nos grupos experimental e controle

Grupos	Risco de queda									
	Média	Desvio padrão	Valor mínimo	Mediana	Valor máximo	Valor de p	Baixo n° (%)	Moderado n° (%)	Alto n° (%)	Valor de p
DM	44,24	30,37	4	38	100	0,000 <sup>a*</sup>	16 (47,06%)	8 (23,53%)	10 (29,41%)	0,000 <sup>b*</sup>
C	16,35	9,14	0	16	36		34 (100%)	0	0	

<sup>a</sup>Teste Mann-Whitney; <sup>b</sup>Teste Qui-quadrado; \*Diferença estatisticamente significativa entre os grupos (p-valor < 0,05)

**Legenda:** DM = doença de Menière; C = controle; n° = número de pacientes; % = percentual.

controle, com diferença significativa. Todos os indivíduos do grupo controle apresentaram risco de queda baixo. Nos pacientes do grupo experimental, foi identificado risco baixo em 47,06% dos casos, risco moderado em 23,53% e risco alto em 29,41%.

## DISCUSSÃO

A avaliação do controle postural de pacientes com doença de Menière sem sintomas ou sinais da fase aguda, em comparação com um grupo controle, foi realizada por meio da plataforma de equilíbrio estático do *Tetrax IBS™*. Não foram encontradas referências na literatura sobre a avaliação do controle postural na doença de Menière com esse tipo específico de posturografia estática, sugerindo a originalidade desta pesquisa.

No Brasil, a posturografia do *Tetrax IBS™* apresentou alterações em seus parâmetros em pacientes com hipofunção vestibular<sup>(12)</sup>, diabetes mellitus do tipo 2<sup>(13)</sup> e migrânea vestibular<sup>(14)</sup>, à semelhança das encontradas nesta pesquisa, sugerindo distúrbios no controle postural por disfunção vestibular, visual, somatossensorial e/ou na interação desses sistemas no sistema nervoso central.

A instabilidade medida pelo índice de estabilidade ao *Tetrax IBS™* foi maior nos pacientes com doença de Menière em todas as condições sensoriais avaliadas, mostrando a inabilidade para compensar as modificações posturais em situações em que as aferências visuais, somatossensoriais, vestibulares e/ou suas interações no sistema nervoso central estão alteradas ou anuladas. Achados semelhantes, foram observados ao *Tetrax IBS™* em pacientes com hipofunção vestibular<sup>(12)</sup>, diabetes mellitus do tipo 2<sup>(13)</sup> e migrânea vestibular<sup>(14)</sup>, indicando que essas condições também podem interferir na estabilidade global dos pacientes.

O índice de distribuição de peso ao *Tetrax IBS™* apresentou comportamento similar na doença de Menière e no controle, em todas as condições sensoriais. Este achado indica que os pacientes

com doença de Menière conseguem distribuir adequadamente o seu peso, em relação à base de suporte, no intervalo entre os episódios vertiginosos. Pacientes com hipofunção vestibular<sup>(12)</sup> apresentaram diferença significativa em relação ao grupo controle somente na condição de olhos fechados sobre almofada, situação considerada como um estresse vestibular. Pacientes com migrânea vestibular<sup>(14)</sup> apresentaram diferença significativa nas condições de superfície fixa com olhos abertos e olhos fechados com a cabeça para frente e para trás, sugerindo perturbações do sistema nervoso central e vestibulo-cervicais, por suprimir o sistema visual, estimular o sistema vestibular e o segmento cervical.

O índice de sincronização da oscilação postural ao *Tetrax IBS™*, no grupo com doença de Menière, semelhante ao do grupo controle, apontou coordenação adequada entre os membros inferiores, com padrão simétrico nas diferentes condições sensoriais nas seis sincronizações: entre os calcanhares e os dedos de cada pé, entre os dois calcanhares e os dedos dos dois pés e nas duas diagonais, entre o calcanhar de um pé com os dedos do pé contralateral<sup>(8)</sup>. Pacientes com hipofunção vestibular<sup>(12)</sup> e diabetes mellitus do tipo 2<sup>(13)</sup> exibiram diferenças significativas em relação ao grupo controle em alguns índices de sincronização da oscilação postural, indicando alterações na qualidade e eficiência dos mecanismos compensatórios e de coordenação entre os calcanhares e dedos de cada pé, na ativação simultânea das placas paralelas da plataforma do *Tetrax IBS™*, e apontando a influência dessas condições nessas estruturas e no mecanismo de controle fino da postura<sup>(8)</sup>.

Pacientes com doença de Menière evidenciaram, nesta pesquisa, de modo significativo, maior oscilação postural ao *Tetrax IBS™* na faixa de frequências baixo-médias em todas as oito condições sensoriais; na faixa de frequências médio-altas em sete condições; na frequência baixa, em quatro condições e na faixa de frequências altas em três condições. O aumento de oscilação em uma faixa de frequência específica sugere

disfunção visual (frequência baixa); disfunção vestibular, principalmente periférica (frequências baixo-médias); disfunção somatossensorial (frequências médio-altas) e disfunção vestibular central (frequências altas)<sup>(8)</sup>. O aumento de oscilação postural demonstrou a disfunção vestibular, visual e somatossensorial ou na interação entre estes sistemas nos pacientes com doença de Menière. Achados semelhantes foram observados ao *Tetrax IBS*<sup>TM</sup> em pacientes com hipofunção vestibular<sup>(12)</sup> e diabetes mellitus do tipo 2<sup>(13)</sup>, mostrando que estas afecções também podem apresentar alterações dos sistemas vestibular, visual e somatossensorial. Na migrânea vestibular<sup>(14)</sup>, no entanto, houve maior concentração de resultados significativos nas faixas de frequência médio-baixas e médio-altas, especificando anormalidades vestibulares, fadiga e/ou reações somatossensoriais mediadas pelo sistema motor das extremidades inferiores e da coluna vertebral<sup>(8)</sup>.

O índice de risco de queda ao *Tetrax IBS*<sup>TM</sup> foi considerado moderado para o grupo com doença de Menière e leve para o grupo controle. O grau do risco de queda também diferiu entre os grupos, pois, no controle, todos os indivíduos apresentaram baixo risco de queda, enquanto no grupo com doença de Menière, além do risco leve em quase metade da casuística, também foram observados riscos moderado e alto em pouco mais da metade do número de casos. Esses dados indicaram que pacientes com doença de Menière têm mais chance de queda do que indivíduos saudáveis. Na doença de Menière, o excesso de estímulos visuais contribui para a instabilidade postural, por causa da disfunção vestibular, gerando quedas<sup>(15)</sup>. Em casos severos e de longa duração, as quedas são frequentes<sup>(16)</sup> e podem ocorrer até mesmo no período tardio da afecção, após cessarem os episódios de vertigem aguda<sup>(17)</sup>. A identificação do risco de queda ao *Tetrax IBS*<sup>TM</sup> propiciará a adoção de estratégias terapêuticas preventivas. Pacientes com hipofunção vestibular<sup>(12)</sup> e diabetes mellitus do tipo 2<sup>(13)</sup> também apresentaram índice de risco de queda moderado, enquanto que os pacientes com migrânea vestibular<sup>(14)</sup> apresentaram índice de risco de queda leve ao *Tetrax IBS*<sup>TM</sup>, destacando a importância dessa avaliação nesses pacientes.

É difícil a comparação quantitativa dos achados desta pesquisa com o *Tetrax IBS*<sup>TM</sup> em pacientes com doença de Menière com outras posturografias que empregaram outros tipos de protocolos e parâmetros de avaliação, caracterizaram as informações sensoriais de forma diferente ou usaram plataformas estáticas, móveis ou com realidade virtual. Outras posturografias mostraram resultados normais, alterações inespecíficas ou padrões de respostas compatíveis com disfunção vestibular periférica, alterações neurológicas, visuais ou mistas, dependência visual ou somatossensorial na doença de Menière<sup>(9,10,15,16,18-28)</sup>. Foi aventado que o mau desempenho postural na doença de Menière poderia ser devido à integração inadequada das informações vestibulares, visuais e somatossensoriais e um processo de compensação central incompleto<sup>(29)</sup>.

Pesquisas com diferentes posturografias estáticas identificaram que pacientes com doença de Menière, quando comparados com indivíduos hígidos, apresentaram maior velocidade de oscilação e deslocamento do centro de pressão com olhos abertos e fechados, tanto no piso firme, como no instável<sup>(15-18,20,22,23)</sup>, sugerindo estratégias para a manutenção do equilíbrio corporal e orientação da reabilitação vestibular<sup>(23)</sup>.

A associação de estímulos visuais com realidade virtual em posturografia com plataforma móvel expôs valores com alterações significativas da velocidade de oscilação com os olhos fechados e sob estímulos visuais, expressando dependência visual e aumentando a sensibilidade diagnóstica<sup>(24)</sup>. Uma posturografia

estática com realidade virtual possibilitou o encontro de achados significativos de alteração da velocidade de oscilação e da área de eclipse, em condições sensoriais de privação visual e de conflito visual aos estímulos optocinéticos e vestibulovisuais<sup>(25)</sup>.

As posturografias dinâmicas fornecem dados típicos de disfunção vestibular na doença de Menière<sup>(9,10,26)</sup>, correlacionados com o período de tempo decorrido desde a última crise vertiginosa<sup>(10)</sup>; o excesso de estímulos visuais parece contribuir para a instabilidade postural e quedas em pacientes com disfunções vestibulares severas<sup>(15)</sup>. A posturografia dinâmica poderia ser mais útil no acompanhamento do tratamento dos pacientes do que no diagnóstico da doença<sup>(30)</sup>.

As diversas posturografias avaliam o controle postural de diferentes maneiras. Assim, a posturografia estática avalia a capacidade de manter o equilíbrio em uma plataforma fixa, com os olhos abertos e/ou fechados, por meio de sensores que transformam as oscilações mecânicas das forças de atrito dos pés na plataforma em sinais elétricos. Por sua vez, a posturografia estática com uso de realidade virtual recria ambientes e situações que medem as respostas posturais do indivíduo perante diferentes estímulos visuais. Por outro lado, a posturografia estática do *Tetrax IBS*<sup>TM</sup> mensura as variações da força vertical exercida pelos calcanhares e pelas pontas dos pés, caracterizando a oscilação corporal por meio do deslocamento do centro de pressão do indivíduo. Em contraste, a posturografia dinâmica mede as reações posturais em resposta a translações e rotações da superfície de apoio, ambiente visual ou ambos, estabelecendo padrões de disfunção vestibular, somatossensorial e/ou visual, dependência ou preferência visual, disfunção severa e afisiológica.

As posturografias estáticas e/ou dinâmicas, com ou sem realidade virtual, são clinicamente úteis na avaliação funcional do equilíbrio, aferindo as contribuições de pistas vestibulares, visuais e somatossensoriais na manutenção do controle postural em diferentes condições sensoriais. Embora os resultados posturográficos tendam a não localizar, lateralizar lesões ou determinar a sua causa, eles são úteis na mensuração funcional do controle postural, aferindo a habilidade do paciente no uso adequado das informações vestibulares, no planejamento da reabilitação vestibular e podem auxiliar na detecção de simuladores, pela apresentação de resultados inconsistentes.

Uma possível limitação deste estudo seria o tamanho da amostra. Muitos pacientes não puderam ser incluídos devido aos critérios de exclusão adotados. Mesmo assim, foi possível identificar alterações significativas do controle postural na comparação do grupo controle com o grupo com doença de Menière, na posturografia do *Tetrax IBS*<sup>TM</sup>. Futuras investigações, incluindo outros instrumentos de avaliação da função vestibular e do equilíbrio corporal, são necessárias para aferir a evolução do dano vestibular e a sua influência no controle postural em pacientes com doença de Menière.

As alterações no controle postural relacionadas com o índice de estabilidade, frequências de oscilação postural e índice de risco de queda, na posturografia do *Tetrax IBS*<sup>TM</sup>, em situações com ou sem privação visual e modificação somatossensorial ou vestibular, podem ser relevantes na sugestão de estratégias, programação e acompanhamento do tratamento das afecções labirínticas, incluindo a doença de Menière, visando à restauração funcional do equilíbrio corporal. O diagnóstico mais abrangente das disfunções vestibulares pode prevenir quedas em pacientes com tontura e desequilíbrio, diminuindo os gastos públicos na atenção terciária de assistência social.

## CONCLUSÃO

Pacientes com doença de Menière apresentam comprometimento do controle postural, caracterizado por alterações do índice de estabilidade, em frequências de oscilação postural e no índice de risco de queda.

## REFERÊNCIAS

- Lopez-Escamez JA, Carey J, Chung WH, Goebel JA, Magnusson M, Mandalà M, et al. Diagnostic criteria for Menière's disease. *J Vestib Res.* 2015;25(1):1-7. <http://dx.doi.org/10.3233/VES-150549>. PMID:25882471.
- Hain TC. Meniere's disease [Internet]. 2021 [citado em 2021 Aug 22]. Disponível em: <https://dizziness-and-balance.com/disorders/menieres/menieres.html>
- Basura GJ, Adams ME, Monfared A, Schwartz SR, Antonelli PJ, Burkard R, et al. Clinical practice guideline: ménière's disease. *Otolaryngol Head Neck Surg.* 2020;162(2, Supl.):S1-S5. <http://dx.doi.org/10.1177/0194599820909438>. PMID:32267799.
- Hornibrook J, Bird P. A new theory for Menière's disease: detached saccular otoconia. *Otolaryngol Head Neck Surg.* 2017;156(2):350-2. <http://dx.doi.org/10.1177/0194599816675843>. PMID:28145833.
- Choi JE, Kim YK, Cho YS, Lee K, Park HW, Yoon SH, et al. Morphological correlation between caloric tests and vestibular hydrops in Meniere's disease using intravenous Gd enhanced inner ear MRI. *PLoS One.* 2017;12(11):e0188301. <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0188301>. PMID:29190293.
- Berge JE, Nordahl SHG, Aarstad HJ, Gilhus NE, Goplen FK. Evaluation of Self-reported Symptoms in 1,457 Dizzy patients and associations with caloric testing and posturography. *Otol Neurotol.* 2020;41(7):956-63. <http://dx.doi.org/10.1097/MAO.0000000000002670>. PMID:32558751.
- Falls C. Videonystagmography and posturography. In: Lea J, Pothier D, editores. *Vestibular disorders*. Basel: Karger; 2019. .. <http://dx.doi.org/10.1159/000490269>.
- Tetrax. Guida per operatore clinico. Italia: Sunlight Medical Ltd.; 2004.
- Soto A, Labella T, Santos S, Río MD, Lirola A, Cabanas E, et al. The usefulness of computerized dynamic posturography for the study of equilibrium in patients with Meniere's disease: correlation with clinical and audiologic data. *Hear Res.* 2004;196(1-2):26-32. <http://dx.doi.org/10.1016/j.heares.2004.06.010>. PMID:15464298.
- Doménech-Vadillo E, Montes-Jovellar L, Rey-Martínez J, Pérez-Fernández N. Normal and vestibular patterns in dynamic posturography in patients with Meniere's disease. *Acta Otorrinolaringol Esp.* 2010;61(1):34-40. [http://dx.doi.org/10.1016/S2173-5735\(10\)70006-5](http://dx.doi.org/10.1016/S2173-5735(10)70006-5). PMID:19837379.
- Yacovino DA, Finlay JB. Intra-attack vestibuloocular reflex changes in Ménière's disease. *Case Rep Otolaryngol.* 2016;2016:2427983. <http://dx.doi.org/10.1155/2016/2427983>. PMID:28018691.
- Quitschal RM, Fukunaga JY, Ganança MM, Caovilla HH. Evaluation of postural control in unilateral vestibular hypofunction. *Rev Bras Otorrinolaringol.* 2014;80(4):339-45. . PMID:25183185.
- Quitschal RM, Fukunaga JY, Dib SA, Ganança MM, Caovilla HH. Postural control in patients with type 2 diabetes with vertigo, dizziness and/or imbalance. *Audiol Commun Res.* 2019;24:e2137. <http://dx.doi.org/10.1590/2317-6431-2019-2137>.
- Gorski LP, Silva AMD, Cusin FS, Cesaroni S, Ganança MM, Caovilla HH. Body balance at static posturography in vestibular migraine. *Rev Bras Otorrinolaringol.* 2019;85(2):183-92. . PMID:29370980.
- Black FO. Vestibular function assessment in patients with Menière's disease: the vestibulospinal system. *Laryngoscope.* 1982;92(12):1419-36. <http://dx.doi.org/10.1288/00005537-198212000-00015>. PMID:6983638.
- Pyykkö I, Ishizaki H, Kaasinen S, Aalto H. Intratympanic gentamicin in bilateral Meniere's disease. *Otolaryngol Head Neck Surg.* 1994;110(2):162-7. <http://dx.doi.org/10.1177/019459989411000204>. PMID:8108151.
- Gibson WPR. Meniere's disease. *Adv Otorhinolaryngol.* 2019;82:77-86. <http://dx.doi.org/10.1159/000490274>. PMID:30947172.
- Havia M, Kentala E, Pyykko I. Postural instability in Menière's disease. *J Vestib Res.* 2004;14(1):37-46. <http://dx.doi.org/10.3233/VES-2004-14104>. PMID:15156095.
- Fujimoto C, Egami N, Kinoshita M, Sugawara K, Yamasoba T, Iwasaki S. Factors affecting postural instability in Menière's disease. *Otolaryngol Head Neck Surg.* 2013;149(5):759-65. <http://dx.doi.org/10.1177/0194599813501625>. PMID:23980034.
- Black FO, Wall C 3rd. Comparison of vestibulo-ocular and vestibulospinal screening tests. *Otolaryngol Head Neck Surg.* 1981;89(5):811-7. <http://dx.doi.org/10.1177/019459988108900523>. PMID:6799914.
- Pyykkö I, Eklund S, Ishizaki H, Aalto H. Postural compensation after intratympanic gentamicin treatment of Meniere's disease. *J Vestib Res.* 1999;9(1):19-26. <http://dx.doi.org/10.3233/VES-1999-9103>. PMID:10334013.
- Lin CY, Wang SJ, Young YH. Correlations between foam posturography and vestibular-evoked myogenic potential tests in Menière's disease. *Ear Hear.* 2013;34(5):673-9. <http://dx.doi.org/10.1097/AUD.0b013e31828d267f>. PMID:23985977.
- Shimizu K, Imai T, Oya R, Okumura T, Sato T, Osaki Y, et al. Platform posturography of patients with peripheral vestibular dysfunction in the non-acute phase of vertigo. *Auris Nasus Larynx.* 2021;48(4):577-82. <http://dx.doi.org/10.1016/j.anl.2020.10.017>. PMID:33189459.
- Tossavainen T, Toppila E, Pyykko I, Forsman PM, Juhola M, Starck J. Virtual reality posturography. *IEEE Trans Inf Technol Biomed.* 2006;10(2):282-92. <http://dx.doi.org/10.1109/TITB.2005.859874>. PMID:16617617.
- Cusin FS, Ganança MM, Ganança FF, Ganança CF, Caovilla HH. Balance Rehabilitation Unit (BRUTM) posturography in Menière's disease. *Braz J Otorrinolaryngol.* 2010;76(5):611-7. <http://dx.doi.org/10.1590/S1808-86942010000500013>. PMID:20963345.
- Hong HR, Shim DB, Kim TS, Shim BS, Ahn JH, Chung JW, et al. Results of caloric and sensory organization testing of dynamic posturography in migrainous vertigo: comparison Meniere's disease and vestibular neuritis. *Acta Otolaryngol.* 2013;133(12):1236-41. <http://dx.doi.org/10.3109/00016489.2013.820343>. PMID:23947606.
- Daneshi A, Bozorgzadeh N, Asghari A, Jome HE, Mirhaj P, Nojumi M. Dynamic posturography for staging of patients with Menière's disease. *J Laryngol Otol.* 2009;123(8):863-7. <http://dx.doi.org/10.1017/S0022215109004423>. PMID:19175951.
- Norré ME. Sensory interaction platform posturography in patients with Menière's Syndrome. *Am J Otolaryngol.* 1993;14(6):404-9. [http://dx.doi.org/10.1016/0196-0709\(93\)90114-M](http://dx.doi.org/10.1016/0196-0709(93)90114-M). PMID:8285310.
- Sevilla-Garcia MA, Boleas-Aguirre MS, Perez-Fernandez N. The limits of stability in patients with Menière's disease. *Acta Otolaryngol.* 2009;129(3):281-8. <http://dx.doi.org/10.1080/00016480802226171>. PMID:18720065.
- Morrison G, Hawken M, Kennard C, Kenyon G. Dynamic platform sway measurement in Menière's disease. *J Vestib Res.* 1994;4(6):409-19. <http://dx.doi.org/10.3233/VES-1994-4601>. PMID:7850037.