



ARTIGO ORIGINAL

Análise da timpanometria de banda larga na doença de Ménière[☆]

Gisela Andrea Yamashita Tanno ^{a,*}, Mônica Alcantara de Oliveira Santos^a,
Marcelo Tabosa Dutra Sanches^a, Alessandra Spada Durante^b, Kátia de Almeida^b,
Marcella Scigliano Gameiro^b, Nayara Michelle Costa de Freitas Roque^b
e Osmar Mesquita de Sousa Neto^a

^a Faculdade de Ciências Médicas Santa Casa de São Paulo, Departamento de Otorrinolaringologia, São Paulo, SP, Brasil

^b Faculdade de Ciências Médicas Santa Casa de São Paulo, Curso de Fonoaudiologia, São Paulo, SP, Brasil

Recebido em 28 de janeiro de 2020; aceito em 25 de maio de 2020

PALAVRAS-CHAVE

Doença de Ménière;
Timpanometria;
Testes auditivos;
Testes de impedância
acústica

Resumo

Introdução: A hidropisia endolinfática é o substrato fisiopatológico da doença de Ménière. As alterações desencadeadas na orelha interna, transmitidas à orelha média pelas modificações na mobilidade da cadeia ossicular, podem ser quantificadas pela timpanometria de banda larga, através da medida da absorvância acústica sob múltiplas frequências, representadas pela energia sonora absorvida pela orelha média, mesmo em estágios iniciais de sua instalação. Estudar o comportamento da orelha média através da absorvância em pacientes com hidropisia endolinfática sob pressão ambiente e sob o pico de pressão pode ser útil na detecção da doença de Ménière.

Objetivo: Caracterizar o comportamento da absorvância em indivíduos com diagnóstico da doença de Ménière sintomáticos e assintomáticos, comparados com controles, a fim de verificar a capacidade da timpanometria de banda larga em detectar variações clínicas relacionadas a possível hidropisia endolinfática.

Método: Foi realizado um estudo transversal, com enfoque diagnóstico, que comparou os achados da timpanometria de banda larga na pressão ambiente e no pico de pressão entre orelhas do grupo controle (n = 30), grupo assintomático (n = 21) e grupo sintomático (n = 9).

Resultados: Foram encontrados valores do pico de pressão diferentes entre orelhas do grupo controle (0 daPa), do grupo assintomático (-11 daPa) e do grupo sintomático (-192 daPa), com $p < 0,05$ pelos testes de Kruskal-Wallis, Mann Whitney e correção de Bonferroni. Foram encontrados valores de absorvância diferentes entre orelhas do grupo sintomático e do grupo assintomático em relação ao grupo controle para as frequências baixas na pressão ambiente e na pressão de pico, com $p < 0,05$ pelos testes de Kruskal-Wallis, Mann Whitney e correção de Bonferroni.

DOI se refere ao artigo: <https://doi.org/10.1016/j.bjorl.2020.05.029>

[☆] Como citar este artigo: Tanno GA, Santos MA, Sanches MT, Durante AS, Almeida K, Gameiro MS, et al. Analysis of wideband tympanometry in Ménière's disease. Braz J Otorhinolaryngol. 2022;88:194–203.

* Autor para correspondência.

E-mail: giselayama@gmail.com (G.A. Tanno).

A revisão por pares é da responsabilidade da Associação Brasileira de Otorrinolaringologia e Cirurgia Cérvico-Facial.

Conclusão: A timpanometria de banda larga foi um teste capaz de identificar a presença da doença de Ménière e de diferenciar os pacientes assintomáticos e sintomáticos, comparando-os com indivíduos hígidos.

© 2020 Associação Brasileira de Otorrinolaringologia e Cirurgia Cérvico-Facial. Publicado por Elsevier Editora Ltda. Este é um artigo Open Access sob uma licença CC BY (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Introdução

A medida de imitância acústica é um instrumento eletroacústico valioso na detecção das alterações de orelha média, devido a sua rapidez e objetividade. Caracteriza-se pela análise de respostas mecânicas do sistema auditivo em resposta à estimulação acústica e se relaciona com a transferência da energia acústica que ocorre quando as ondas sonoras chegam até o meato acústico externo, quando se aplica uma pressão sonora sobre a membrana timpânica, provocando a movimentação dessa. Essa medida se refere à facilidade ou à oposição a esse fluxo de energia sonora dentro do sistema auditivo.¹

A timpanometria de banda larga surgiu como promessa de uma nova forma de avaliação das condições da orelha média, sendo um método simples, objetivo e não invasivo. As variações da frequência têm uma sensibilidade aumentada para detecção de pequenas alterações no mecanismo acústico da orelha média, já que com altas frequências podem-se avaliar alterações do sistema tímpano ossicular.¹

Na doença de Ménière as alterações da mobilidade da cadeia ossicular se expressam como substrato do aumento da pressão no labirinto membranoso, que restringiria a mobilidade das janelas cocleares.²

A hidropsia endolinfática é o substrato histopatológico da doença de Ménière, a qual está relacionada com anormalidades na produção e absorção de líquidos (endolinfa e perilinfa) e com íons na orelha interna, caracteriza-se pela distensão do espaço endolinfático.³

O diagnóstico da doença de Ménière é eminentemente clínico. Caracteriza-se por episódios recorrentes e espontâneos de vertigem, perda auditiva flutuante, do tipo sensorioneural, zumbido e plenitude auricular. A certeza diagnóstica só é possível por meio do estudo *post mortem* do osso temporal.⁴

Entre as diversas medidas que podem ser analisadas pela timpanometria de banda larga está a absorvância acústica, que consiste na razão entre a energia absorvida pela orelha média e a energia incidente, apresentada no meato acústico externo. A absorvância consiste em um número real entre “zero” e “um”, onde o “um” representa toda a energia absorvida para orelha média, pode ser expresso em porcentagem.⁵

Novos equipamentos surgem no mercado com tecnologias passíveis de avaliar frequências entre 226 a 8000 Hz em modalidade tridimensional (3D), como o Titan®, da marca Interacustics, denominado *WideBand Timpanometry (WBT)*, ou Timpanometria de Banda Larga, o qual tem o propósito de fazer um registro único capaz de obter várias informações,

como a absorvância, o pico de pressão timpanométrico e o timpanograma convencional.

O objetivo deste estudo é caracterizar o comportamento da absorvância acústica, nas amplas faixas de frequência e variação de pressão, em indivíduos com diagnóstico de doença de Ménière sintomáticos e assintomáticos, comparados com controles sem doença de Ménière, a fim de verificar a capacidade da timpanometria de banda larga em detectar variações clínicas relacionadas a possível hidropsia endolinfática.

Método

O presente estudo teve seu projeto analisado e aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa, sob o protocolo de Pesquisa nº 1.704.766.

Esta pesquisa foi um estudo transversal, com enfoque diagnóstico, realizada de agosto de 2016 a agosto de 2017.

Critérios de inclusão:

- 1) Pacientes com diagnóstico clínico definido de doença de Ménière, segundo os critérios da Bárány Society:⁶ dois ou mais episódios de vertigem espontânea com duração entre 20 minutos e 12 horas; perda auditiva sensorioneural de baixas e médias frequências documentada por audiometria, definindo orelha afetada em, pelo menos, uma ocasião: antes, durante ou após um episódio de vertigem; sinais auditivos flutuantes (perda auditiva, zumbido ou plenitude) na orelha afetada; ausência de outro diagnóstico vestibular que explique melhor os sintomas.
- 2) Pacientes com diagnóstico clínico provável de doença de Ménière, segundo os critérios da Bárány Society:⁶ dois ou mais episódios de vertigem ou tontura, com duração entre 20 minutos e 24 horas; sintomas auditivos flutuantes (perda auditiva, zumbido ou plenitude auricular) na orelha afetada; ausência de outro diagnóstico vestibular que explique melhor os sintomas.
- 3) Pacientes com doença de Ménière assintomáticos no dia do exame.
- 4) Pacientes com doença de Ménière sintomáticos no dia do exame, ou seja, que apresentavam tontura do tipo vertigem, associada à plenitude auricular e perda auditiva flutuante no momento da avaliação.

Critérios de exclusão:

- 1) Pacientes com comprometimento neurológico;
- 2) Cirurgias otológicas prévias;
- 3) Outras doenças otológicas.
- 4) Pacientes com audiometria de perda mista ou condutiva.

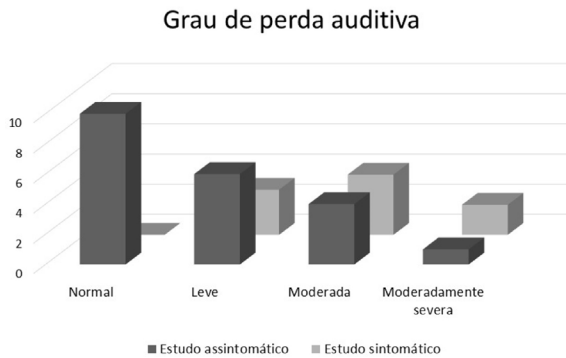


Figura 1 Distribuição dos grupos estudo assintomático e sintomático em relação ao grau de perda auditiva.

A casuística foi constituída por 60 orelhas, 30 do Grupo Controle (GC) e 30 do Grupo Estudo (GE), com diagnóstico de doença de Ménière, de acordo com os critérios da Bárány Society. Essas 30 orelhas do Grupo Estudo foram subdivididas em: Grupo Estudo Assintomático (GA), composto por 21 orelhas, e Grupo Estudo Sintomático (GS), composto por 9 orelhas.

Ao estudar a relação da perda auditiva na comparação do Grupo Estudo Sintomático (GS) com o Grupo estudo Assintomático (GA), observou-se que, no grupo GS, a predominância da perda auditiva neurosensorial foi do grau moderado e que, para o grupo GA, a avaliação auditiva se expressou com limites dentro da normalidade e perda auditiva leve, em sua maioria, de acordo com [figura 1](#). Quando constatada a perda auditiva, verificou-se, pela [figura 2](#), que a perda auditiva neurosensorial nas frequências baixas esteve presente somente no grupo GS e a perda auditiva neurosensorial nas frequências altas esteve presente só no grupo GA.

As orelhas do grupo controle eram de 15 indivíduos sem sintomas de tontura ou zumbido, perda auditiva ou sensação de plenitude aurial em nenhuma das orelhas. As orelhas do grupo estudo eram de 22 indivíduos.

No grupo controle, 13 indivíduos eram do sexo feminino e 2 do masculino. No grupo estudo, 18 indivíduos eram do sexo feminino e 4 do masculino.

No grupo controle havia indivíduos dos 21 aos 54 anos, com mediana de 30 anos e média de 33 anos. No grupo estudo havia indivíduos de 20 a 80 anos, com mediana de 54 e média de 52.

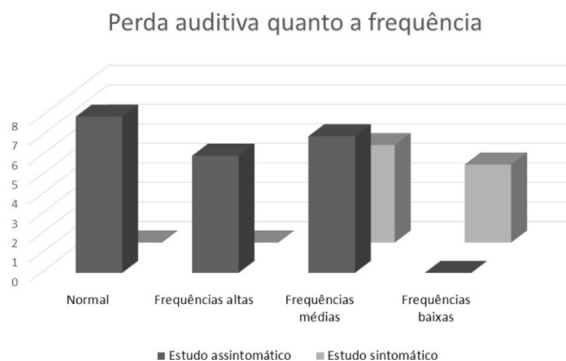


Figura 2 Distribuição dos grupos estudo assintomático e sintomático à perda auditiva quanto à frequência.

Para selecionar os indivíduos, os pesquisadores avaliaram os pacientes do Ambulatório de Otoneurologia, incluíram os que apresentaram diagnóstico clínico de doença de Ménière definido ou provável segundo os critérios da Bárány Society e convidaram os pacientes que já estavam em acompanhamento para o exame.

Os indivíduos convidados a participar desta pesquisa assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, após o esclarecimento dos objetivos e das condições envolvidos no estudo.

Os pacientes que, na anamnese, negaram história de outras doenças otológicas, sem cirurgias otológicas prévias e comprometimento neurológico, fizeram exame físico e otoscopia. Os pacientes que apresentaram conduto auditivo externo sem alterações, membrana timpânica íntegra, translúcida, sem abaulamento, sem retração, sem secreção em orelha média, foram encaminhados para a Clínica de Fonoaudiologia, onde os pesquisadores verificaram quais pacientes estavam sintomáticos ou assintomáticos no momento do exame e fizeram timpanometria de banda larga nos que atendiam os critérios de inclusão na amostra, com o equipamento Titan[®], da *Interacoustic*.

Na presente pesquisa foram usados o módulo IMP440 e a versão Clínica, que realiza timpanometria, reflexo *ipsi* e contralaterais, *decay* do reflexo, latência do reflexo, três provas de função tubária e tem os módulos opcionais de banda larga 3D e Excel para pesquisa; pode ainda selecionar as opções de visualização em 3D ([fig. 3](#)), timpanometria tradicional em 2D ([fig. 4](#)) ou absorvância ([fig. 5](#)).

A curva de absorvância pode ser visualizada em ampla faixa de frequência, de 226 Hz a 8000 Hz.

Para analisar os dados de absorvância na pressão ambiente e no pico foram selecionadas 17 frequências, das 107 fornecidas pelo aparelho, tiveram-se como base os estudos de Shahnaz e Bork⁷ e Aithal et al.⁸ Foram selecionadas as frequências 226 Hz, 257 Hz, 324 Hz, 408 Hz, 500 Hz, 630 Hz, 794 Hz, 1000 Hz, 1260 Hz, 1587 Hz, 2000 Hz, 2520 Hz, 3175 Hz, 4000 Hz, 5040 Hz, 6350 Hz e 8000 Hz.

Resultados

Os resultados foram submetidos à análise estatística descritiva e inferencial a fim de caracterizar as medidas de absorvância acústica registrada e verificar se houve diferença entre orelhas do grupo controle e do grupo estudo, assintomático e sintomático, nos resultados da timpanometria de banda larga na pressão ambiente e na pressão de pico. Para análise inferencial dos resultados foram utilizados os testes de Mann-Whitney e de Kruskal-Wallis e a correção de Bonferroni.

Os testes de Mann-Whitney e de Kruskal-Wallis são não paramétricos, usados para comparar duas ou mais amostras independentes de tamanhos iguais ou diferentes, de distribuição assimétrica, com variâncias não homogêneas. A correção de Bonferroni é usada para diminuir o erro tipo I, ao se comparar vários grupos. O erro do tipo I consiste em rejeitar a hipótese nula quando ela é verdadeira em um teste de hipóteses, ou seja, comete-se o erro tipo I quando se chega a um resultado que tem significância estatística quando, na verdade, ele aconteceu ao acaso.⁹

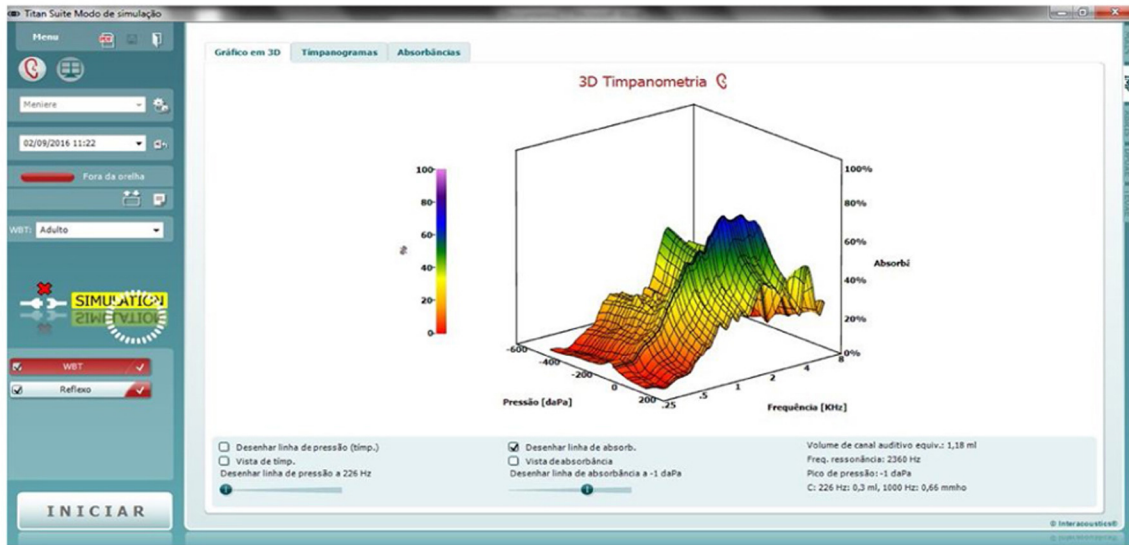


Figura 3 Exemplo de timpanometria 3D (imagem extraída do banco de dados dos pesquisadores).

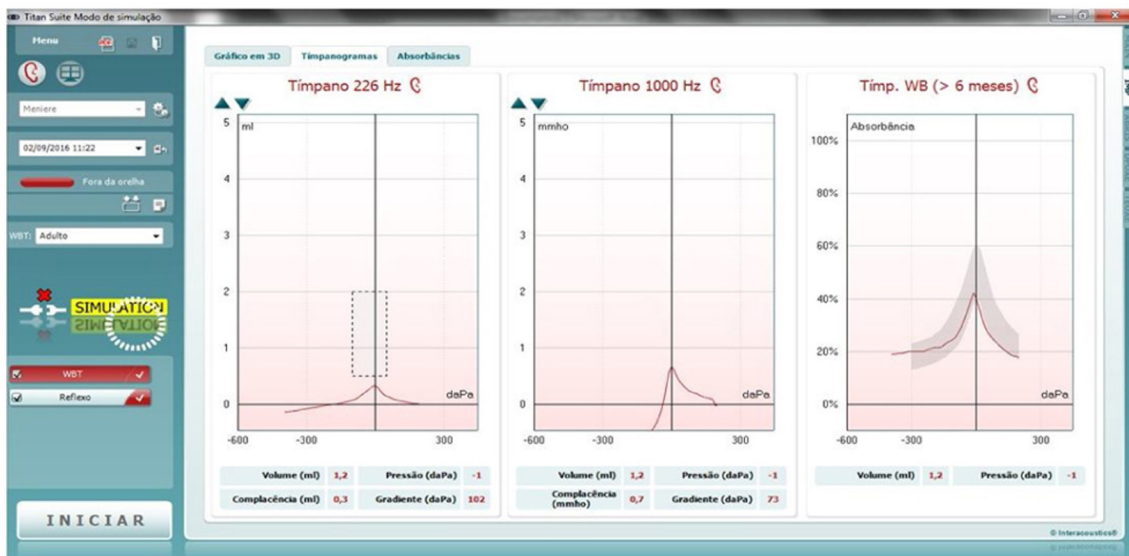


Figura 4 Exemplo de timpanometria tradicional em 2D (imagem extraída do banco de dados dos pesquisadores).

O nível de significância adotado para o estudo foi de 5% ($p=0,05$).

Comparação da pressão no pico timpanométrico entre os grupos GC, GA e GS.

Ao estudar a pressão no pico de absorvância para cada orelha, o valor da pressão no pico em relação aos grupos Controle (GC), Estudo Assintomático (GA) e Estudo Sintomático (GS), com o teste de Kruskal-Wallis, observou-se diferença entre os valores da pressão no pico entre os grupos GC, GA e GS ($p < 0,05$) (tabela 1 e fig. 6).

Avaliação dos valores de absorvância para as 17 frequências na pressão ambiente nos grupos GC, GA e GS

Os valores da absorvância foram diferentes entre os grupos GC, GA e GS para as frequências de 226 Hz, 257 Hz, 324 Hz, 408 Hz, 500 Hz, 630 Hz, 794 Hz, 1000 Hz, 1260 Hz, 2520 Hz, 3175 Hz e 4000 Hz, pelo teste de Kruskal-Wallis. Ao fazer a correção de Bonferroni, observou-se que os valores de absorvância foram diferentes entre os grupos GC, GA e GS para as frequências de 226 Hz, 257 Hz, 324 Hz, 408 Hz, 500 Hz, 630 Hz, 794 Hz e 1000 Hz, de acordo com a tabela 2.

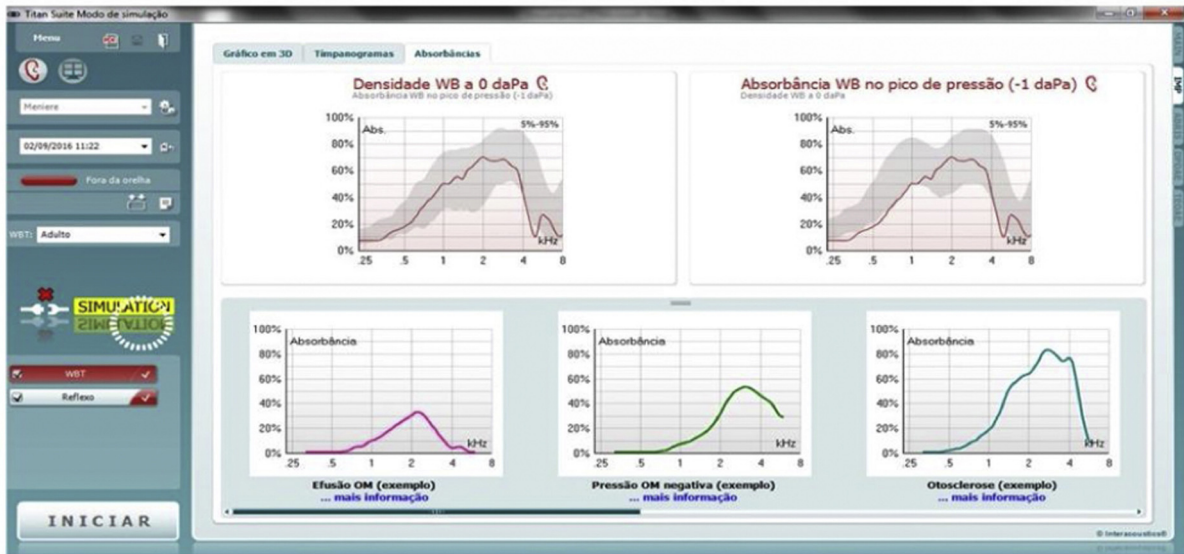


Figura 5 Exemplo de absorvância (imagem extraída do banco de dados dos pesquisadores).

Tabela 1 Comparação dos valores da pressão no pico das orelhas de acordo com grupo

Pressão no pico (daPa)

Grupo	Média	Mediana	DP	Mínimo	Máximo	p^a
Controle	-1,2	0,0	8,6	-16,0	17,0	< 0,05
Assintomático	-19,0	-11,0	24,4	-86,0	6,0	
Sintomático	-191,0	-192,0	55,7	-268,0	-91,0	

^a Teste de Kruskal-Wallis.

Tabela 2 Análise da absorvância das orelhas dos grupos GC, GA e GS para as 17 frequências na pressão ambiente

Absorvância

Frequência	Controle	Assintomático	Sintomático	p^a	p^b
226 Hz	0,162	0,070	0,025	0,000001	0,000001
257 Hz	0,170	0,072	0,023	0,000001	0,000001
324 Hz	0,167	0,055	0,004	0,000001	0,000001
408 Hz	0,260	0,111	0,038	0,000001	0,000001
500 Hz	0,318	0,139	0,053	0,000001	0,000001
630 Hz	0,462	0,246	0,138	0,000001	0,000001
794 Hz	0,551	0,399	0,260	0,000001	0,000001
1000 Hz	0,699	0,569	0,448	0,000001	0,000001
1260 Hz	0,749	0,628	0,547	0,017	0,280
1587 Hz	0,642	0,633	0,631	0,667	1,000
2000 Hz	0,602	0,616	0,678	0,175	1,000
25250 Hz	0,595	0,643	0,884	0,020	0,340
3175 Hz	0,580	0,699	0,845	0,003	0,060
4000 Hz	0,493	0,584	0,800	0,005	0,080
5040 Hz	0,203	0,105	0,209	0,527	1,000
6350 Hz	0,318	0,181	0,239	0,071	1,000
8000 Hz	0,255	0,121	0,038	0,203	1,000

^a Teste de Kruskal-Wallis.

^b Correção de Bonferroni.

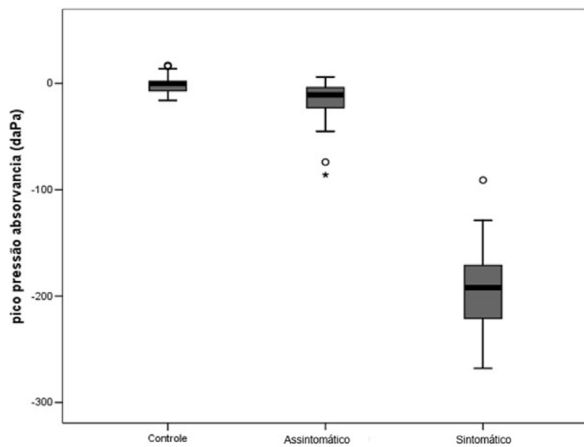


Figura 6 Blox plot da pressão no pico por grupo.



Figura 7 Comparação da absorvância das orelhas dos grupos GC, GA, GS, por frequência, na pressão ambiente.

Verificou-se pela [tabela 3](#) e [figura 7](#) a comparação da absorvância entre os grupos GC, GA e GS por frequência na pressão ambiente. Ao comparar o grupo GC e o GA, observou-se menor absorvância no grupo GA em relação ao grupo GC nas frequências de 226 Hz, 257 Hz, 324 Hz, 408 Hz, 500 Hz, 630 Hz, 794 Hz, 1000 Hz e 1260 Hz, pelo teste de Mann-Whitney e pela correção de Bonferroni.

Ao comparar o grupo GC e o GS, observou-se menor absorvância no grupo GS em relação ao grupo GC nas frequências de 226 Hz, 257 Hz, 324 Hz, 408 Hz, 500 Hz, 630 Hz, 794 Hz e 1000 Hz, maior absorvância no grupo GS em relação ao grupo GC nas frequências de 2520 Hz, 3175 Hz e 4000 Hz pelo teste de Mann-Whitney e pela correção de Bonferroni.

Ao comparar o grupo GA e GS, observou-se menor absorvância no grupo GS em relação ao grupo GA nas frequências de 226 Hz, 257 Hz, 324 Hz, 408 Hz, 500 Hz, 630 Hz, 794 Hz, maior absorvância no grupo GS em relação ao grupo GA nas frequências de 2000 Hz, 2520 Hz e 4000 Hz pelo teste de Mann-Whitney. Ao se fazer a correção de Bonferroni, observou-se que não houve diferença entre as frequências.

Avaliação dos valores de absorvância para as 17 frequências na pressão de pico nos grupos GC, GA e GS

Os valores da absorvância foram diferentes entre os grupos GC, GA e GS para as frequências de 226 Hz, 257 Hz,

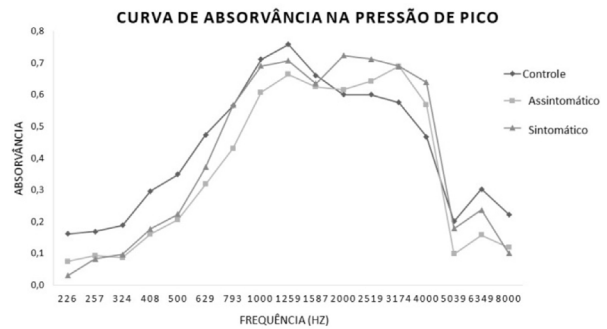


Figura 8 Comparação da absorvância das orelhas dos grupos GC, SC, CC, por frequência, na pressão de pico.

324 Hz, 408 Hz, 500 Hz, 630 Hz, 794 Hz e 1000 Hz pelo teste de Kruskal-Wallis. Ao se realizar a correção de Bonferroni, observa-se que os valores de absorvância foram diferentes entre os três grupos para as frequências baixas de 226 Hz, 257 Hz, 324 Hz, 408 Hz, 500 Hz e 630 Hz, de acordo com a [tabela 4](#).

Verificou-se, pela [tabela 5](#) e [figura 8](#), a comparação da absorvância entre os grupos GC, GA e GS, por frequência na pressão de pico. Ao comparar o grupo GC e o GA, observou-se menor absorvância no grupo GA em relação ao grupo GC nas frequências de 226 Hz, 257 Hz, 324 Hz, 408 Hz, 500 Hz, 630 Hz, 794 Hz, 1000 Hz e maior absorvância no grupo GS em relação ao grupo GC na frequência média de 2520 Hz pelo teste de Mann-Whitney. Ao realizar a correção de Bonferroni observou-se menor absorvância no grupo GA em relação ao grupo GC nas frequências de 226 Hz, 257 Hz e 324 Hz.

Ao comparar o grupo GC e o GS pelo teste de Mann-Whitney, observou-se menor absorvância no grupo GS em relação ao grupo GC nas frequências de 226 Hz, 257 Hz, 324 Hz, 408 Hz, 500 Hz, 630 Hz, 794 Hz, 1000 Hz e maior absorvância no grupo GS em relação ao grupo GC na frequência de 6350 Hz. Ao realizar a correção de Bonferroni observou-se menor absorvância no grupo GS em relação ao grupo GC nas frequências baixas de 226 Hz, 257 Hz, 324 Hz, 408 Hz, 500 Hz, 630 Hz, 794 Hz, 1000 Hz.

Ao comparar o grupo GA e GS pelo teste de Mann-Whitney, observou-se menor absorvância no grupo GS em relação ao grupo GA na frequência de 226 Hz. Ao realizar a correção de Bonferroni, observou-se que não houve diferença entre as frequências.

Discussão

Pressão no pico da absorvância

Ao comparar a pressão no pico, avaliou-se a pressão no pico da absorvância feita pela timpanometria de banda larga. Ao comparar a pressão no pico do grupo controle, grupo assintomático e grupo sintomático, observou-se que os valores da pressão no pico se elevam de forma acentuada no grupo sintomático, em relação aos grupos assintomático e controle; pode ser a representação do aumento da pressão do sistema endolinfático, causado pelas alterações histopatológicas encontradas na hidropisia endolinfática.

A timpanometria multifrequência é a medição da impedância do sistema de transmissão do ouvido médio,

Tabela 3 Análise da absorvância das orelhas dos grupos GC×GA, GC×GS E GA×GS, para as 17 frequências na pressão ambiente

Absorvância						
Frequência	p^a	p^b	p^a	p^b	p^a	p^b
	GC×GA	GC×GA	GC×GS	GC×GS	GA×GS	GA×GS
226 Hz	0,000001	0,000001	0,000001	0,000001	0,001	0,236
257 Hz	0,000001	0,000001	0,000001	0,000001	0,002	0,266
324 Hz	0,000001	0,000001	0,000001	0,000001	0,003	0,266
408 Hz	0,000001	0,000001	0,000001	0,000001	0,014	0,334
500 Hz	0,000001	0,000001	0,000001	0,000001	0,027	0,465
630 Hz	0,000001	0,000001	0,000001	0,000001	0,028	0,462
794 Hz	0,000001	0,000001	0,000001	0,000001	0,044	0,416
1000 Hz	0,001	0,004	0,001	0,002	0,298	1,000
1260 Hz	0,010	0,046	0,053	0,085	0,483	1,000
1587 Hz	0,389	1,000	0,665	1,000	0,734	1,000
2000 Hz	0,811	1,000	0,152	0,306	0,039	0,211
25250 Hz	0,803	1,000	0,008	0,020	0,012	0,054
3175 Hz	0,051	0,161	0,002	0,004	0,081	0,269
4000 Hz	0,085	0,313	0,003	0,004	0,035	0,179
5040 Hz	0,267	0,824	0,987	1,000	0,497	1,000
6350 Hz	0,031	0,134	0,157	0,277	0,603	1,000
8000 Hz	0,257	0,736	0,094	0,298	0,493	1,000

^a Mann-Whitney test.^b Correção de Bonferroni.**Tabela 4** Análise da absorvância das orelhas dos grupos GC, GA e GS, para as 17 frequências na pressão de pico

Absorvância					
Frequência	Controle	Assintomático	Sintomático	p^a	p^b
226 Hz	0,162	0,070	0,025	0,000001	0,000001
257 Hz	0,170	0,072	0,023	0,000001	0,000001
324 Hz	0,167	0,055	0,004	0,000001	0,000001
408 Hz	0,260	0,111	0,038	0,000001	0,010
500 Hz	0,318	0,139	0,053	0,000001	0,010
630 Hz	0,462	0,246	0,138	0,003	0,050
794 Hz	0,551	0,399	0,260	0,023	0,390
1000 Hz	0,699	0,569	0,448	0,033	0,570
1260 Hz	0,749	0,628	0,547	0,113	1,000
1587 Hz	0,642	0,633	0,631	0,417	1,000
2000 Hz	0,0602	0,616	0,678	0,366	1,000
25250 Hz	0,595	0,643	0,884	0,180	1,000
3175 Hz	0,580	0,699	0,845	0,171	1,000
4000 Hz	0,493	0,584	0,800	0,121	1,000
5040 Hz	0,203	0,105	0,209	0,466	1,000
6350 Hz	0,318	0,181	0,239	0,094	1,000
8000 Hz	0,255	0,121	0,038	0,570	1,000

^a Teste de Kruskal-Wallis.^b Correção de Bonferroni.

com múltiplas frequências de 200 Hz a 2000 Hz; deriva de vetores individuais do complexo de admitância (Y), que é o inverso da impedância, e seus componentes (condutância e susceptância) em frequências diferentes.¹⁰ A impedância (Z) no sistema orelha média é uma medida de resistência à energia acústica que flui a partir da cadeia ossicular para a orelha interna. A admitância (Y) é o inverso de impedância, refere-se à facilidade com que a energia sonora flui em

um sistema acústico e é uma quantidade bidimensional representada pelo vetor soma de condutância (G) e susceptância (B). A condutância (G) representa as forças de resistência, ao passo que susceptância (B) representa as forças reativas.¹¹

Quando se encontra o ponto de ressonância da orelha média, valores de massa e rigidez se anulam. O efeito de rigidez do sistema controla a transmissão dos sons de baixas

Tabela 5 Análise da absorvância das orelhas dos grupos GC×GA, GC×GS e GA×GS, para as 17 frequências na pressão de pico

Absorvância						
Frequência	p^a	p^b	p^a	p^b	p^a	p^b
	GC×GA	GC×GA	GC×GS	GC×GS	GA×GS	GA×GS
226 Hz	0,000001	0,000001	0,000001	0,000001	0,039	0,448
257 Hz	0,000001	0,0003	0,000001	0,000001	0,526	1,000
324 Hz	0,001	0,004	0,000001	0,0001	0,946	1,000
408 Hz	0,007	0,052	0,000001	0,001	0,415	1,000
500 Hz	0,010	0,069	0,000001	0,0003	0,319	1,000
630 Hz	0,243	0,976	0,001	0,002	0,081	0,401
794 Hz	0,828	1,000	0,008	0,022	0,090	0,264
1000 Hz	0,677	1,000	0,012	0,031	0,103	0,387
1260 Hz	0,237	0,983	0,053	0,119	0,415	1,000
1587 Hz	0,764	1,000	0,203	0,569	0,428	1,000
2000 Hz	0,309	0,759	0,709	1,000	0,118	0,478
25250 Hz	0,039	0,205	0,909	1,000	0,230	0,361
3175 Hz	0,162	0,573	0,104	0,276	0,928	1,000
4000 Hz	0,067	0,157	0,193	0,637	0,277	1,000
5040 Hz	0,629	1,000	0,206	0,667	0,821	1,000
6350 Hz	0,264	0,559	0,031	0,121	0,946	1,000
8000 Hz	0,451	1,000	0,348	1,000	0,927	1,000

^a Teste de Mann-Whitney.^b Correção de Bonferroni.

frequências e o efeito de massa, a transmissão dos sons de altas frequências, portanto, ao avaliar a admitância acústica da orelha média com o tom de sonda de baixa frequência, o que se investiga principalmente é o resultado do efeito da rigidez do sistema sobre a passagem desse som; ao contrário, quando usado tom de alta frequência, o mecanismo avaliado é o resultado do efeito de massa do sistema.¹²

Darrouzet et al. verificaram se as medidas de admitância (Y), susceptância (B) e condutância (G) a 2 kHz poderiam refletir o estado do ligamento anular e pressão coclear. Eles mostraram que a injeção de uma pequena quantidade de líquido na escala timpânica de 22 cobaias aumentou a pressão coclear, levou à divisão de pico durante a timpanometria 2 kHz, enquanto a aspiração do líquido causava desaparecimento dos picos de divisão. Ao injetar novamente, o pico de divisão reapareceu e tornou-se mais distinto e mais afiado, conforme a quantidade de líquido injetado aumentava. Embora os mecanismos subjacentes permaneçam desconhecidos, esse modelo experimental demonstrou pela primeira vez que variações na pressão intracoclear modificam sensivelmente a forma da timpanometria em tons de sonda de 2 kHz. Um novo método de análise para medir condutância ou admitância com sonda 2 kHz tons, por conseguinte, é sugerido como útil para o diagnóstico de hidropisia endolinfática.¹⁰

Franco-Vidal et al. relataram um potencial uso da timpanometria multifrequência como um novo teste de diagnóstico para a detecção da hidropisia endolinfática. Foram avaliados 40 pacientes com doença de Ménière fora de episódios e 24 indivíduos de audição normal. Eles encontraram uma diferença significativa entre as orelhas afetadas de pacientes com doença de Ménière e orelhas normais, usaram a largura da condutância em 2000 Hz com um limiar de 235 daPa.²

Yasui et al. (2012) avaliaram a admitância com tons de sonda de 2000 Hz no diagnóstico de orelhas com hidropisia endolinfática em pacientes com perda auditiva de baixa frequência. Foram analisados 36 pacientes com perda auditiva de baixa frequência (inclusive 21 com doença de Ménière, três com hidropisia endolinfática tardia e 12 com perda auditiva sensorineural de baixa frequência), 18 pacientes com outros tipos de perda auditiva e 16 indivíduos com audição normal. Eles mostraram que a largura da admitância no timpanograma em 2000 Hz, de pacientes com perda auditiva de baixa frequência foi significativamente maior em orelhas com hidropisia endolinfática do que nos pacientes sem hidropisia endolinfática. Além disso, as larguras nas orelhas com hidropisia endolinfática foram maiores do que nas orelhas com outros tipos de perda auditiva. Quando a pressão era maior que 255 daPa, foram observadas larguras maiores em 38% das orelhas com hidropisia endolinfática e em 21% das orelhas com outros tipos de perda auditiva.¹¹

Kato et al. investigaram a relação entre a largura do pico no timpanograma em 2000 Hz e o grau de hidropisia endolinfática em ressonância magnética (RM) após administração intratimpânica ou intravenosa de gadolínio. A largura do pico de condutância em orelhas com hidropisia endolinfática significativa (observada em RM na cóclea ou no vestibulo, com pressão de 178,8 a 102,7 daPa) foi maior do que a observada nas orelhas sem hidropisia endolinfática. A largura do pico em orelhas com hidropisia endolinfática leve não foi evidente.¹³

No presente estudo a pressão do pico de absorvância teve como média de -191 daPa, variou de -268 a -91 daPa no grupo sintomático. Ficou assim demonstrado que quanto maiores os valores da pressão, mais se evidenciaram as variáveis timpanométricas.

Absorvância na pressão ambiente e nas pressões de pico

Na avaliação dos valores de absorvância em relação às frequências, foram analisadas as orelhas na pressão ambiente e no pico timpanométrico da orelha do indivíduo.

Comparando-se a absorvância no grupo controle, grupo sintomático e grupo assintomático, observou-se diferença da absorvância principalmente nas frequências baixas; já no grupo assintomático e grupo sintomático, a absorvância foi menor quando comparada ao grupo controle. Essa redução da absorvância nos grupos assintomático e sintomático pode ser entendida como a representação do aumento da pressão da orelha interna, que, transmitida pela janela oval à cadeia ossicular, aumentou a rigidez do sistema tímpano ossicular e reduziu a condução de estímulos de frequências baixas.

Na prática clínica, o tom de sonda mais usado na timpanometria convencional é o de 226 Hz. Geralmente, a pressão de +200 daPa (decaPascal) é aplicada para obtenção dos valores de admitância da orelha média, porque, nessa pressão, a admitância da sonda é aproximadamente equivalente ao volume de ar do meato acústico externo.¹²

A transmissão das variações de pressão da endolinfa para a perilinfa tem sido mal compreendida. A timpanometria multifrequência pode medir a pressão de perilinfa em alta frequência (2000 Hz), que está em contato direto com a platina do estribo, cuja impedância pode modificar. Consequentemente, pode haver dúvida sobre a capacidade de analisar a pressão da endolinfa.

Kitahara et al. buscaram esclarecer se a câmara de baixa pressão, usada para tratar pacientes com DM, poderia ser usada para diagnosticar a DM. Foram estudados 45 orelhas de pacientes com doenças neuro-otológicas. Os indivíduos foram colocados em decúbito dorsal em uma câmara de pressão. A pressão foi primeiro diminuída para -500 mm/H₂O e após 5 minutos para -700 mm/H₂O. A pressão foi mantida a esse nível por mais 5 minutos e depois aumentada para 0 mm/H₂O. Esse procedimento foi feito três vezes seguidas. Enquanto a pressão da câmara estava abaixo de 0 mm/H₂O, os sujeitos foram instruídos a abster-se de equilibrar ativamente a pressão da orelha média. Quando a pressão da câmara foi aumentada para 0 mm/H₂O, eles foram instruídos para equilibrar a pressão da orelha média e, se necessário, foi feita a manobra de Politzer ou cateterização da tuba auditiva. Como resultado, a audição foi melhorada em 50% dos pacientes com doença de Ménière após esse procedimento, demonstrou-se que variações de pressão endolinfática e perilinfática podem estar ligadas.¹⁴

A diferença de absorvância foi mais acentuada quando se analisaram os dados obtidos na pressão ambiente em relação à pressão de pico, pois a pressão ambiente foi a mesma para todos, não variou para os indivíduos analisados, e a pressão de pico variou conforme a absorvância de cada paciente; assim, o grupo sintomático apresentou maior pressão de pico devido à hidropisia endolinfática e a curva de absorvância em relação às frequências foi similar à dos outros grupos.

O fato de cada paciente apresentar uma pressão de pico diferente entre si pode estar associado à variação da absorvância em relação à hidropisia endolinfática ($p < 0,05$) evidente em um maior número de frequências na pressão ambiente do que no estudo com pressão de pico. Assim,

o teste pode diagnosticar as alterações pressóricas da orelha interna, representadas na orelha média, devido a menor absorvância, o que prejudica a condução da energia pelo sistema ossicular. Essas alterações podem ser percebidas em um estágio inicial dessas variações pressóricas, proporcionando aos pacientes intervenções mais precoces.

As figuras 7 e 8, que correlacionaram os valores de absorvância e frequência, mostraram tais dados de uma maneira mais clara, uma vez que a absorvância foi menor no grupo sintomático em comparação aos grupos sintomático e controle e também no grupo assintomático comparado ao grupo controle.

Avaliação da curva de absorvância

Ao observar o traçado da curva de absorvância nas figuras 7 e 8, percebeu-se que o pico de absorvância dos indivíduos do grupo controle esteve entre as frequências de 1000 Hz, 1260 Hz, 1587 Hz, enquanto o pico de absorvância do grupo sintomático e grupo assintomático esteve entre 2520 Hz e 3175 Hz. Isso se relacionou aos achados de hidropisia endolinfática, pois, quanto mais acentuada a hidropisia endolinfática, maior a pressão da orelha interna, maior a rigidez nas janelas cocleares e maior rigidez no sistema tímpano ossicular, que estará presente nas frequências maiores do que 2000 Hz, com conseqüente aumento da absorvância nessas frequências. Essas alterações foram mais evidentes nos pacientes sintomáticos em relação aos pacientes dos grupos assintomático e controle, principalmente na pressão ambiente, em que não houve variação de pressão entre os pacientes, apareceu pico de absorvância entre as frequências de 2520 e 3175 Hz, como mostrado na figura 7, e mesmo na pressão de pico, em que houve um valor de pressão aumentada nos pacientes com a doença de Ménière, houve formação de duplo pico de absorvância nas frequências de 1000 Hz a 1587 Hz e nas frequências de 2520 a 3175 Hz, como ilustrado na figura 8.

Conclusão

A timpanometria de banda larga revelou-se um teste capaz de identificar a presença da doença de Ménière e de diferenciar os pacientes assintomáticos e sintomáticos, em comparação com indivíduos sem o diagnóstico de doença de Ménière.

Conflitos de interesse

Os autores declaram não haver conflitos de interesse.

Referências

1. Ferekidis E, Vlachou S, Douniadaakis D, Apostolopoulos N, Adamopoulos G. Multiple-frequency tympanometry in children with acute otitis media. *Otolaryngol Head Neck Surg.* 1999;121:797-801.
2. Franco-Vidal V, Legarlantezec C, Blanchet H, Convert C, Torti F, Darruzet V. Multifrequency admittanceometry in Ménière's disease: a preliminary study for a new diagnostic test. *Otol Neurotol.* 2005;26:723-7.

3. Thai-Van H, Bounaix MJ, Fraysse B. Ménière's Disease - Pathophysiology and Treatment. *Drugs*. 2001;61:1089–102.
4. Committee on Hearing and Equilibrium guidelines for the diagnosis and evaluation of therapy in Ménières disease. American Academy of Otolaryngology-Head and Neck Foundation, Inc. *Otolaryngol Head Neck Surg*. 1995;113:181-5.
5. Neely ST, Stenfelt S, Schairer KS. Alternative ear-canal measures related to absorbance. *Ear Hear*. 2013;34:72–7.
6. Criterios diagnósticos de enfermedad de Menière. Documento de consenso de la Bárány Society, la Japan Society for Equilibrium Research, la European Academy of Otolology and Neurotology (EAONO), la American Academy of Otolaryngology-Head and Neck Surgery (AAO-HNS) y la Korean Balance Society. Lopez-Escamez JA, Carey J, Won-Ho C, Goebel JA, Magnusson M, Mandalà M, et al. *Acta Otorrinolaringol Esp*. 2016;67:1-7.
7. Shahnaz N, Bork K. Wideband Reflectance Norms for Caucasian and Chinese Young Adults. *Ear Hear*. 2006;27:774–88.
8. Aithail S, Kei J, Driscoll C, Khan A, Swanston A. Wideband absorbance outcomes in newborns: a comparasion with high – frequency tympanometry, automated brainstern response, and transient evoked and distortion product otoacoustic emissions. *Ear Hear*. 2015;36:237–50.
9. Siegel S. *Estatística não paramétrica para ciências do comportamento*. 1ªed. São. Paulo: Mc Graw-Hill do Brasil; 1981. p. 288.
10. Darrouzet V, Dulon D, Franco-Vidal V. Multi-frequency immittancemetry in experimentally induced stapes, round window and cochlear lesions. *Audiol Neurootol*. 2007;12:85–100.
11. Yasui T, Iwasaki S, Sugasawa K, Sakamoto T, Kashio A, Suzuki M, et al. Admittance tympanometry with 2-KHz probe tones in patients with low-frequency hearing loss. *Laryngoscope*. 2012;122:2252–5.
12. Carvalho RMM. Imitanciometria. In: Ferreira LP, Befi-Lopes DM, Limongi SCO. *Tratado de Fonoaudiologia*. 1ªed. São Paulo: Roca; 2004. p. 569–84.
13. Kato K, Yoshida T, Teranishi M, Sano R, Otake H, Sone M, et al. Peak width in multifrequency tympanometry and endolymphatic hydrops revealed by magnetic resonance imaging. *Otol Neurotol*. 2012;33:912–5.
14. Kitahara M, Kodama A, Ozawa H, Izukura H. Pressure test for the diagnosis of Meniere's disease. *Acta Otolaryngol Suppl*. 1994;510:107–10.