

Limiares auditivos para altas frequências em adultos sem queixa auditiva

Artigo Original

Artigo recebido em 20/09/2001 e
aprovado em 20/01/2002

High frequency thresholds in adults with no auditory complaints.

Renata Mota Mamede Carvalho¹, Maira Cristina Koga², Mirley de Carvalho², Ieda Maria Ishida².

1. Fonoaudióloga, Professora Doutora do Curso de Fonoaudiologia da FMUSP - e-mail renamaca@usp.br

2. Fonoaudióloga, Bolsista FAPESP

Instituição: Laboratório de Investigação Fonoaudiológica em Audição Humana - Departamento de Fisioterapia, Fonoaudiologia e Terapia Ocupacional da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo - Brasil

Correspondência: Rua Cipotânia, 51 - Cidade Universitária - São Paulo - Brasil

RESUMO

Objetivo: Estudar os limiares tonais para altas frequências em indivíduos com limiares auditivos de até 25dBNA nas oitavas de 250 a 8000 Hz, verificando a ocorrência de eventuais diferenças entre sexo e orelha testada. **Método:** Setenta e quatro indivíduos com dados audiológicos dentro do padrão de normalidade para a audiometria, SRT, pressão em decapascals (daPa), pico de admitância e reflexos acústicos ipsi e contralaterais foram submetidos à audiometria de altas frequências. **Resultados:** Houve diferença entre sexo masculino e feminino, com tendência a limiares em níveis de intensidade mais baixos no sexo feminino. **Conclusões:** Há diferenças nos limiares de audibilidade para altas frequências entre indivíduos do sexo feminino e masculino; ausência de diferença entre os limiares de audibilidade entre orelhas direita e esquerda; tendência à diminuição do nível de intensidade dos limiares em dBNA com o aumento da frequência.

ABSTRACT

Purpose: To verify the high frequency thresholds in individuals with normal hearing thresholds (maximum 25 dBNA from 250 to 8.000 Hz), searching for eventual differences between sexes and tested ears. **Method:** 74 individuals with normal hearing thresholds according to their audiometries, speech recognition tests and acoustic immittances (admittance, peak pressure and acoustic reflex) were submitted to high frequency audiometry. **Results:** A difference between the male and female group was found. There was a tendency for lower thresholds in females. The hearing thresholds of the right ear was similar to the left one. **Conclusions:** The higher the frequencies tested, lower thresholds were found, with a tendency for even lower thresholds in females. No difference in hearing thresholds between the left and the right ear was found.

Descritores: Audição, Testes auditivos, Audiometria, Limiar auditivo, Feminino, Masculino, Adulto.

keywords: Hearing, Hearing tests, Audiometry, Auditory threshold, Females, Males, Adult.

INTRODUÇÃO

A cóclea, órgão sensorial nobre, pode ser descrita como um analisador de frequências (1) caracterizado por um conjunto de três canais justapostos em forma de espira. Está ligada à orelha média pela janela oval, por onde a energia mecânica é transmitida aos líquidos da cóclea. Cada frequência característica irá promover um padrão de deslocamento, descrito como onda viajante, com capacidade de melhor estimular determinada região da cóclea. As células sensoriais localizadas na região estimulada são capazes de promover a transdução deste estímulo em sinal elétrico, que irá ser propagado através das fibras que partem da região coclear. Quanto mais alta a frequência que atinge o sistema, mais restrita a estimulação à região basal da cóclea. Disposto ao longo de seu eixo longitudinal, o Órgão de Corti abriga células ciliadas internas e externas. As externas estão dispostas em três camadas, sendo em número, aproximadamente o triplo das internas. São basicamente efetoras, capazes de mudar o padrão da membrana basilar, independente da ação das ondas viajantes, alterando sua própria posição em relação à membrana tectória, ao longo das diferentes regiões de frequência da cóclea. Essas ações facilitam ou diminuem a sensibilidade na seletividade de frequência ao longo da cóclea.

Clinicamente, observa-se uma tendência a maiores comprometimentos na região basal coclear, resultando em um maior comprometimento nas frequências altas em grande parte das afecções otológicas.

A avaliação audiológica convencional busca investigar os limiares por via aérea, nas frequências de 250 a 8.000 Hz. Recentemente, os audiômetros comercializados passaram a incorporar frequências mais agudas, até 20.000 Hz. A vantagem em pesquisar agudos, é a obtenção de maiores informações sobre as frequências que estão atingindo a cóclea, principalmente as mais altas, que tanto contribuem para a decodificação dos sinais de fala. Uma das principais aplicações clínicas da audiometria de altas frequências é a monitorização de pacientes com presença ou suspeita de patologias relacionadas a audição. Dentre elas, merecem destaque: monitorização do efeito de drogas ototóxicas, seqüela de otite média, monitorização da audição em portadores de insuficiência renal, presbiacusia, avaliação dos distúrbios de processamento auditivo, investigação do comprometimento auditivo em familiares de portadores de deficiência auditiva de origem genética e monitorização de indivíduos com exposição freqüente ao ruído.

Os resultados de um estudo dos limiares para altas frequências em crianças de 4 a 7 anos (2), mostraram piora das médias de limiares e de suas faixas de variabilidade com o aumento da frequência. Os autores apresentaram as seguintes médias de limiares em decibels nível de pressão sonora (dBNPS): 10 kHz: 25 dBNPS; 11,2 kHz: 35 dBNPS;

14 kHz: 40 dBNPS e 16 kHz: 50 dBNPS.

Quanto à monitorização do efeito de drogas ototóxicas, algumas pesquisas chegaram à conclusão de que a audiometria de altas frequências detectou uma maior porcentagem de orelhas que sofreram alterações, não sendo necessária a aplicação de outros testes audiológicos mais demorados, que trazem desconforto aos pacientes (3-5).

A audiometria de alta frequência mostrou-se mais sensível aos efeitos da otite média sobre a função coclear, possivelmente devido à proximidade da região responsável pelas altas frequências na cóclea com a membrana da janela redonda e com o espaço da orelha média (6). Os numerosos episódios de otite média aguda podem ter, a longo prazo, um efeito prejudicial na audição para altas frequências, mesmo após a completa resolução do quadro clínico, podendo ainda progredir com o tempo (7).

Os resultados da audiometria de altas frequências nos indivíduos portadores de insuficiência renal crônica são piores que nos indivíduos do grupo controle (8,9). A audiometria de altas frequências deve ser realizada nestes pacientes com o objetivo de detecção precoce e monitoramento de perdas auditivas (10,11).

Em relação à presbiacusia e à avaliação dos distúrbios de processamento auditivo, estudos (12) chegaram a conclusão de que o grau de perda auditiva, que determina a audibilidade da fala, continua sendo um conceito chave na compreensão dos problemas de compreensão de fala em idosos.

Os limiares auditivos pioram em função do aumento da frequência e em função também do aumento da idade (13). Esta tendência foi, da mesma forma, observada por pesquisadores (14) que estudaram as respostas auditivas para frequências de 10, 12,5, 14 e 16 kHz em 158 indivíduos sem queixa otológica, com idades entre 4 e 60 anos. Encontraram média de limiares tonais próximos a 10dBNA, para os indivíduos de até 30 anos, com piora gradativa dos limiares com o aumento da idade.

Na investigação do comprometimento auditivo em familiares de portadores de deficiência auditiva de origem genética e na monitorização de indivíduos com exposição freqüente ao ruído, os prejuízos precoces de audição, em ambos os casos, são observados mais claramente nas altas frequências do que nas frequências convencionais de audição (15).

Um estudo dos limiares para altas frequências na faixa de 10.000 a 18.000 Hz, em trabalhadores do sexo masculino com idades entre 17 e 34 anos, expostos a níveis elevados de ruído, encontrou decréscimo dos limiares com o aumento da frequência de teste (16). Foram descritas as seguintes médias de limiares estimadas em decibel nível de pressão sonora para a orelha direita: 33,2 dBNPS em 10 kHz; 38,2 dBNPS

Quadro 1 - Saída mínima e máxima nas frequências de 9000 a 20000Hz, para o audiômetro GSI 61 - Grason Stadler, calibrado em dBNA, segundo padrões ANSI 1969.

	9000	10000	12500	14000	16000	18000	20000	Hertz
Mínima	-20	-20	-20	-20	-20	-20	-20	dB
Máxima	105	95	90	80	60	35	15	dB

em 12 kHz; 42,4 dBNPS em 14 kHz; 70,6 dBNPS em 16 kHz e 93,2 dBNPS em 18 kHz e para a orelha esquerda: 33,4 dBNPS em 10 kHz; 34,0 dBNPS em 12 kHz; 43,4 dBNPS em 14 kHz; 73,8 dBNPS em 16kHz e 91,2 dBNPS em 18 kHz.

Outra aplicação da pesquisa de limiares para altas frequências está na influência das respostas da região basal coclear sobre a geração das emissões otoacústicas por produto de distorção, em regiões mais apicais da cóclea. A audição em altas frequências influencia as emissões otoacústicas por produto de distorção, mesmo as captadas por estimulação de frequências mais baixas, devido ao fato de as emissões serem sensíveis às mudanças súbitas nas células ciliadas externas (CCE). A audiometria tonal convencional não é tão sensível a estas pequenas variações das CCE, desta forma, alterações em emissões otoacústicas na presença de audiometria convencional normal poderiam estar relacionadas a alterações para as altas frequências, ou devido ao fato das alterações na base da cóclea afetarem a geração das emissões otoacústicas por produto de distorção de frequências mais baixas, originadas nas regiões mais apicais da cóclea (17).

Este trabalho teve o objetivo de estudar os limiares tonais nas frequências de 9.000 a 20.000Hz, em indivíduos com limiares auditivos de até 25 dBNA nas oitavas de 250 a 8.000 Hz, verificando a ocorrência de eventuais diferenças entre sexo e orelha testada.

MÉTODO

Um Grupo de 74 indivíduos com idade entre 18 e 30 anos, 26 homens e 48 mulheres, sem alterações de orelha média, foi selecionado para o estudo dentre a população atendida pelo Serviço de Audiologia Clínica do Centro de Docência e Pesquisa em Fonoaudiologia da FMUSP. Todos os indivíduos foram voluntários para a aplicação do procedimento, tendo concordado em assinar termo de consentimento aprovado pela Comissão Ética para Análise de Projetos de Pesquisa do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da USP (Protocolo CAPPESq HCFMUSP de Nº 368/98).

O audiômetro GSI 61 da Grason Stadler permite a realização de audiogramas nas frequências de 250 a 20.000 Hz, estando de acordo com os seguintes padrões: ANSI S3,6-1989; ANSI S3,43-1992; IEC 645-1(1992); IEC 645 - 2 (1993);

ISO 389; UL 544. Para a audiometria convencional (250 a 8.000 Hz) foram utilizados fones Telephonics TDH 50P com impedância de 80 ohms e, para as altas frequências (9000 a 20000 Hz) os fones Sennheiser HDA-200 com impedância de 40 ohms.

De acordo com o manual do equipamento, as intensidades mínimas e máximas de saída em dBNA para cada frequência são apresentados no Quadro 1.

O analisador de orelha média GSI 33 da Grason Stadler, versão 2, realiza as medidas timpanométricas de forma automática, na velocidade de 50 decapascals por segundo (daPa/s), sendo os resultados registrados em gráfico pela impressora acoplada ao sistema. Foi utilizado papel termosensível para a impressão. Este analisador de ouvido médio foi calibrado para as condições de altitude da cidade de São Paulo, tendo sido tomados os cuidados necessários na instalação elétrica, de modo a atender as especificações técnicas do fabricante. Os sujeitos foram submetidos aos seguintes procedimentos: a) inspeção do meato acústico externo para identificação de presença de rolha de cera ou de outras alterações que impossibilitassem a realização das provas; timpanometria na modalidade de admitância compensada na altura da membrana timpânica (Ymt) com frequência de sonda de 226 Hz; pesquisa de reflexos acústicos ipsilaterais e contralaterais com estímulos de 500, 1.000, 2.000, 4.000 Hz e ruído de faixa larga (Broad Band Noise). A realização da imitância acústica fez-se necessária para a identificação dos casos de comprometimento de orelha média, os quais não foram aceitos neste estudo, c) audiometria tonal, de 250 a 8000 Hz. Os indivíduos que obedecerem ao critério de inclusão, ou seja, limiares audiométricos não superiores a 25 dBNA, foram submetidos à audiometria de altas frequências, com pesquisa dos limiares em 9.000, 10.000, 12.500, 14.000, 16.000, 18.000 e 20.000 Hz; d) índice percentual de reconhecimento de palavras (IPRF) na intensidade de 40 dBNS com relação à média dos limiares tonais de 500, 1.000 e 2.000 Hz. A análise estatística foi realizada por meio do teste t de student não pareado, para comparação da influência das variáveis sexo e orelha. Foi aceito o nível de significância de 5% (ou 0,05) para rejeição da hipótese de nulidade.

RESULTADOS

Os achados referentes à intensidade em dB, em que foi

Tabela 1 - Média, desvio padrão, moda e mediana dos limiares tonais para altas frequências (9.000 a 20.000 Hz), em ouvintes normais do sexo masculino.

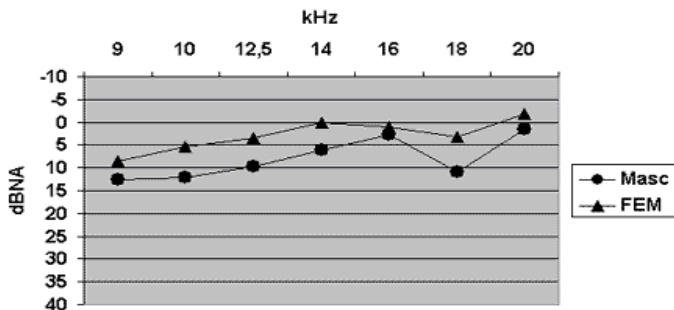
HOMENS							
	ALTAS FREQUÊNCIAS						
	9K	10K	12,5K	14K	16K	18K	20K
Med + 1 dp	22,8	22,9	21,2	19,1	17,0	26,4	8,3
Média	12,5	12,1	9,6	6,1	2,8	11,0	1,5
Desvio padrão	10,3	10,8	11,6	13,0	14,2	15,4	6,8
Moda	5	0	10	0	0	5	0
Mediana	10	10	10	5	2,5	15	0
Med - 1 dp	2,2	1,3	-2	-6,9	-11,4	-4,4	-5,3

Tabela 2 - Média, desvio padrão, moda e mediana dos limiares tonais para altas frequências (9.000 a 20.000 Hz), em ouvintes normais do sexo feminino.

MULHERES							
	ALTAS FREQUÊNCIAS						
	9K	10K	12,5K	14K	16K	18K	20K
Med + 1 dp	19,1	19,6	14,0	3,6	4,6	3,3	-1,9
Média	8,3	3,3	3,4	0,1	1,1	3,3	-1,9
Desvio padrão	10,6	14,1	10,6	3,5	3,5	0	0
Moda	-5	-10	0	-10	0	0	0
Mediana	-2,5	-5	2,5	-12,5	-2,5	10	-5
Med - 1 dp	-2,1	-8,6	-7,2	-3,4	-2,4	3,3	-1,9

Estes dados podem ser visualizados no Gráfico 1.

Estes dados podem ser visualizados no Gráfico 1.



determinado o limiar tonal por via aérea, nas frequências de 9.000, 10.000, 12.500, 14.000, 16.000, 18.000 e 20.000 Hz, entre os sujeitos do sexo masculino são apresentados na Tabela 1 e, os dados referentes ao sexo feminino são apresentados na Tabela 2. Foi observada diferença estatística ($p < 0.001$) entre os indivíduos do sexo masculino e do sexo feminino em todas as frequências, com exceção da frequência de 16.000 Hz ($p = 0.2951$).

Gráfico 1 - Distribuição das médias em que foram obtidos

Tabela 3 - Média, desvio padrão, moda e mediana dos limiares tonais para altas frequências (9.000 a 20.000 Hz) obtidos na orelha direita de ouvintes sem queixa auditiva de ambos os sexos.

DIREITA							
	ALTAS FREQUÊNCIAS						
	9K	10K	12,5K	14K	16K	18K	20K
Med + 1 dp	19,6	18,5	14,3	14,8	19,6	21,4	7,4
Média	11,3	8,4	4,9	2,8	1,0	4,9	-0,4
Desvio padrão	8,3	10,0	9,5	12,0	18,6	16,4	7,5
Moda	5	5	5	-5	-5	-20	0
Mediana	5	10	5	0	-5	5	0
Med - 1 dp	3,0	-1,6	-4,6	-9,2	-17,6	-11,5	8,2

Tabela 4 - Média, desvio padrão, moda e mediana dos limiares tonais para altas frequências (9.000 a 20.000 Hz) obtidos na orelha esquerda de ouvintes sem queixa auditiva de ambos os sexos.

ESQUERDA							
	ALTAS FREQUÊNCIAS						
	9K	10K	12,5K	14K	16K	18K	20K
Med + 1 dp	18,3	17,6	16,8	13,8	19,2	23,5	6,5
Média	8,6	7,2	6,4	1,5	2,4	7,0	-1,0
Desvio padrão	9,7	10,5	10,5	12,3	16,7	16,5	7,5
Moda	5	10	0	-10	10	20	0
Mediana	5	5	5	5	0	10	0
Med - 1 dp	-1,2	-3,3	-4,1	-10,8	-14,3	-9,5	8,5

os limiares tonais por via aérea em dBNA, nas frequências de 9.000 a 20.000 Hz, em relação ao total de orelhas masculinas e femininas.

A análise dos resultados não revelou diferença estatisticamente significativa entre os limiares audiométricos para altas frequências obtidos nas orelhas direita e esquerda (Tabelas 3 e 4).

DISCUSSÃO

É inegável a importância da investigação da audição para altas frequências uma vez que múltiplas aplicações do procedimento são apontadas na literatura. Estas aplicações referem-se à detecção precoce da ototoxicidade, para prevenção dos déficits de comunicação (3); ao controle de cisplatina (4); à investigação de comprometimento de orelha média (7); à investigação do efeito prejudicial na audição de indivíduos com episódios de otite média (6); à investigação de comprometimento auditivo em familiares de portadores de deficiência auditiva de origem genética e em indivíduos com exposição frequente ao ruído (15); à ampliação de informações sobre o comprometimento auditivo periférico no processamento auditivo central (12); e à influência das emissões otoacústicas por produto de distorção nas frequências mais baixas em adultos com audição normal (17), entre outras.

Neste estudo houve diferença entre sexo masculino e feminino com tendência a limiares com níveis de intensidade mais baixos entre pessoas do sexo feminino. Esta tendência poderia ser resultante de fatores, tais como a influência de diferenças anatômicas, principalmente tamanho de meato acústico externo maior no sexo masculino e, características de motivação para a resposta auditiva, maior no sexo feminino.

Assim como em outros trabalhos (6,16) não foi evidenciado neste grupo de indivíduos, diferença entre os limiares tonais obtidos nas orelhas direita e esquerda.

Na comparação dos achados deste estudo com os descritos na literatura foi observada uma grande variabilidade

de resultados de limiares tonais para altas freqüências em indivíduos com audição normal. De um modo geral, os resultados obtidos neste estudo são menores que os descritos por outros autores. Os estudos que investigaram limiares por meio de tons puros apresentados em dBNPS mostraram, devido naturalmente à própria calibração, valores de limiares em nível de intensidade mais elevados(2, 16), ao contrário daqueles obtidos em resposta a tons puros calibrados em dBNA (14).

Este fato aponta a necessidade de: (1) cuidados na adoção de padrões de normalidade para altas freqüências, e (2) calibração biológica do aparelho, antes de sua utilização na clínica audiológica.

Nossa intenção foi estudar os limiares em altas freqüências de indivíduos normais para que os resultados das avaliações com outras populações possam ser comparados com padrões da normalidade. Nosso interesse é grande em conhecer também, o comportamento do sistema auditivo periférico para altas freqüências em portadores de distúrbio do processamento auditivo central, motivando a continuidade dessa linha de investigação. Os valores aqui descritos podem servir como referência de normalidade para

adultos jovens, quando avaliados por meio de equipamento calibrado segundo os mesmos critérios do equipamento adotado neste estudo.

CONCLUSÕES

O estudo dos limiares auditivos no intervalo de freqüências entre 9.000 e 20.000 Hz, por meio da apresentação de tons puros calibrados em dBNA em adultos jovens sem queixa auditiva evidencia:

“ Diferenças nos limiares de audibilidade para altas freqüências entre indivíduos do sexo feminino e masculino.?” Ausência de diferença entre os limiares de audibilidade entre orelhas direita e esquerda.?” Tendência à diminuição do nível de intensidade dos limiares em dBNA com o aumento da freqüência.

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo - FAPESP - pela concessão de financiamento para este estudo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Dallos P. The Active Cochlea. *J Neurosci* 1992;12:4575-85.
2. Reuter W, Schönfeld U, Mansmann U, Fischer R, Gross M. Extended high frequency audiometry in pre-school children. *Audiology* 1998;37:285-94.
3. Fausti SA, Frey RH, Henry JA, Olson DJ, Schaffer HI. High-frequency testing techniques and instrumentation for early detection of ototoxicity. *J Rehabil Res Dev* 1993;30:333-41.
4. Fausti SA, Frey RH, Henry JA, Olson DJ, Schaffer HI, Bagby GC. High-frequency monitoring for early detection of cisplatin ototoxicity. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg* 1993;119:661-6.
5. Fausti SA, Larson VD, Noffsinger D, Wilson RH, Phillips DS, Fowler CG. High-frequency audiometric monitoring strategies for early detection of ototoxicity. *Ear Hear* 1994;15:232-9.
6. Laitila P, Karma P, Sipilä M, Manninen M, Rahko T. Extended high frequency hearing and history of acute otitis media in 14-year-old children in Finland. *Acta Otolaryngol Suppl* 1997;529:27-9.
7. Hunter LL, Margolis RH. Effects of tympanic membrane abnormalities on auditory function. *J Am Acad Audiol* 1997;8:431-46.
8. Zaia EH. Avaliação audiológica de indivíduos com insuficiência renal crônica em tratamento conservador: estudo das emissões otoacústicas evocadas por produto de distorção e da audição em altas freqüências [tese]. São Paulo: Universidade Federal de São Paulo - Escola Paulista de Medicina; 2000.
9. Zeigelboim BS. Dos limiares de audibilidade nas altas freqüências em pacientes com insuficiência renal crônica submetidos a tratamento conservador [tese]. São Paulo: Universidade Federal de São Paulo - Escola Paulista de Medicina; 2000.
10. Dreschler WD, van der Hulst RJ, Tange RA, Urbanus NA. The role of high frequency audiometry in early detection of ototoxicity. *Audiology* 1985;24:387-95.
11. van der Hulst RJ, Boeschoten EW, Nielsen FW, Struijk DG, Dreschler WD, Tange RA. Ototoxicity monitoring with ultra-high frequency audiometry in peritoneal dialysis patients treated with vancomycin or gentamycin. *J Otorhinolaryngol Relat Spec* 1991;53:19-22.
12. Jerger J, Chmiel R. Factor analytic structure of auditory impairment in elderly persons. *J Am Acad Audiol* 1997;8:269-76.
13. Sakamoto M, Sugawara M, Kaga K, Kamio T. Average thresholds in the 8 to 20kHz range as a function of age. *Scand Audiol* 1998;27:189-92.
14. Pedalini MEB, Sanchez TG, Antonio AD, Antonio WD, Balbani A, Hachiya A, Liberman S, Bento RF. Média dos limiares tonais na audiometria de alta freqüência em indivíduos normais de 4 a 60 anos. *Pró-Fono* 2000;12:17-20.
15. Dieroff HG, Schuhmann G, Meissner W, Barstsch R. Experiences with high-frequency hearing tests in the selection of personnel for noise occupations. *Laryngorhinootologie* 1991;70:594-8.
16. Fernandes JB, Mota HB. Estudo dos limiares de audibilidade nas altas freqüências em trabalhadores expostos a ruído e solvente. *Pró-Fono* 2001;13:1-8.
17. Arnold DJ, Lonsbury-Martin BL, Martin GK. High-Frequency Hearing Influences Lower-Frequency Distortion-Product Otoacoustic Emissions. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg* 1999;125:215-22