

Avaliação dos limiares de audibilidade das altas frequências em indivíduos entre 18 e 29 anos sem queixas otológicas

Analysys of high frequency auditory thresholds in individuals aged between 18 and 29 years with no otological complaints

Leonardo Conrado Barbosa de Sá ¹, Marco Antonio de Melo Tavares de Lima ², Shiro Tomita ³, Silvana Maria Monte Coelho Frota ⁴, Gisele de Aquino Santos ⁵, Tatiana Rodrigues Garcia ⁶

Palavras-chave: audiometria, audição, limiar auditivo, perda auditiva de alta frequência, técnicas de diagnóstico e procedimentos.

Keywords: audiometry, hearing, auditory threshold, hearing loss - high-frequency, diagnostic techniques and procedures.

Resumo / Summary

Estudos recentes que avaliaram os limiares auditivos em altas frequências trouxeram novas perspectivas à investigação de danos auditivos. Contudo, as pesquisas desenvolvidas ainda não estabeleceram um consenso para os padrões de normalidade dos limiares de audição nessas frequências. **Objetivo:** Analisar os resultados dos limiares de audibilidade das altas frequências, em nível de audição, de indivíduos entre 18 e 29 anos sem queixas otológicas. **Forma de Estudo:** Tipo seccional transversal. **Material e Métodos:** Foram realizadas 60 audiometrias convencionais, sendo 51 exames com resultados normais, em indivíduos entre 18 e 29 anos. Esses indivíduos foram submetidos à audiometria de altas frequências utilizando o aparelho AMPLAID 460 e fones de orelha Sennheiser HD 520 II, sendo os limiares obtidos em dBNA. **Resultados:** Observou-se não existir diferença significativa nos limiares de audibilidade entre o sexo masculino e feminino. Foram obtidos os limiares de audição em dBNA nas altas frequências para indivíduos sem queixas otológicas, entre 18 e 29 anos. **Conclusão:** Sugeriu-se que esses dados poderiam ser utilizados como referência de normalidade para estudos posteriores com equipamento de mesmo padrão, que tivessem como objetivo avaliar alterações auditivas apresentadas em indivíduos jovens.

Recent studies analyzing audibility thresholds at frequencies over 8 KHz have brought new perspectives on the investigation of auditory damage. These studies, however, have not yet reached a consensus on normal standards for auditory thresholds at these frequencies. **Aim:** To analyze the results of high frequency auditory thresholds in individuals aged between 18 and 29 years with no otological complaints. **Type of Study:** A prospective, cross-sectional study. **Methods:** 60 conventional audiometries were done and 51 of these exams were within normal limits in individuals aged 18 to 29 years. These selected individuals underwent high-frequency audiometry using the AMPLAID 460 device and Sennheiser HD 520 II earphones, and thresholds were obtained in dB HL. **Results:** There was no significant difference in auditory thresholds between males and females. High-frequency auditory thresholds were obtained for individuals with no otological complaint, aged between 18 and 29 years. **Conclusion:** It has been suggested that such data could be used as a normal reference for further studies with similar standard equipment, to analyze auditory alterations presented in young individuals.

¹ Residência Médica em Otorrinolaringologia pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Medicina - Cirurgia Geral, área de concentração em Otorrinolaringologia.

² Doutorado em Medicina - Otorrinolaringologia, Professor Adjunto de Otorrinolaringologia da Faculdade de Medicina da Universidade Federal do Rio de Janeiro.

³ Doutorado em Medicina - Otorrinolaringologia, Professor Titular de Otorrinolaringologia da Faculdade de Medicina da Universidade Federal do Rio de Janeiro.

⁴ Doutorado em Fonoaudiologia, Professora Adjunta do Curso de Fonoaudiologia da Faculdade de Medicina da Universidade Federal do Rio de Janeiro.

⁵ Acadêmica do Curso de Fonoaudiologia da Faculdade de Medicina da Universidade Federal do Rio de Janeiro.

⁶ Acadêmica do Curso de Fonoaudiologia da Faculdade de Medicina da Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Serviço de Otorrinolaringologia - Hospital Universitário Clementino Fraga Filho - Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Endereço para correspondência: Rua Ephigênio Salles 215 ap. 102 Cosme Velho Rio de Janeiro RJ 22241-150.

Este artigo foi submetido no SGP (Sistema de Gestão de Publicações) da RBORL em 5 de abril de 2006. cod. 1827.

Artigo aceito em 5 de junho de 2006.

INTRODUÇÃO

A audiometria de altas frequências (AAF) foi introduzida na prática clínica no início da década de 60 do século XX, embora as primeiras investigações tenham sido feitas a partir da primeira metade do século XIX. Até a década de 60, o interesse pela avaliação dos limiares de audibilidade para sons de alta frequência era pouco evidente, dadas as conclusões provenientes de alguns estudos, que mostravam que os danos precoces à audição poderiam ser detectados pela avaliação do limiar auditivo até a frequência de 8 quilohertz (KHz).^{2,3}

Dadson e King⁴ relataram o estudo para padronização de um audiômetro. Nessa pesquisa, 18% dos indivíduos entre 18 e 25 anos não foram capazes de responder ao estímulo sonoro produzido em 15 KHz.

Rudmose⁵ desenvolveu um audiômetro de alta frequência do tipo Békésy, com aplicabilidade clínica. Esse audiômetro usava um microfone Brüel & Kjaer como transdutor, inserido, através de um molde cônico de plástico, no MAE do paciente. No ano de 1961, realizou-se um estudo dos limiares auditivos até 18 KHz em adolescentes do último ano do segundo grau. Apesar de a amostra ter sido muito pequena, total de 12 indivíduos, o estudo foi pioneiro na área.⁵

Esse modelo de equipamento foi mais bem desenvolvido e calibrado por Fletcher.⁶ Ele escreveu que, embora existisse um consenso de que a orelha humana respondia a estímulos sonoros de alta frequência, muito pouco se sabia sobre a capacidade de audição dos homens, assim como não existia padronização de valores de audibilidade para frequências acima de 8000 Hz. Havia uma série de dificuldades técnicas para a avaliação dos limiares de frequências ultra-altas, como criação de equipamentos capazes de gerar sons com pressão sonora adequada nas frequências mais altas, modelo e acoplamento dos fones, calibração e padronização. O estudo testou a confiabilidade dos limiares auditivos obtidos através de dois equipamentos diferentes, em diferentes testagens e verificou a correlação entre os resultados obtidos nas frequências comuns entre os dois audiômetros. Foram selecionados 15 soldados americanos de Fort Knox, no Kentucky, com idades variando entre 18 e 25 anos. Esses indivíduos foram submetidos à avaliação dos limiares de audibilidade utilizando-se dois audiômetros: um tipo Békésy, ARJ-4 HF, que abrangia as frequências de 4 a 18 KHz, elaborado pelo Dr. Wayne Rudmose e fabricado pela Tracor, Inc., e um audiômetro convencional, Rudmose ARJ-5, utilizado para comparação. Os limiares não foram obtidos em NPS, pois foi estabelecido um zero audiométrico provisórios com estudantes do segundo grau. A confiabilidade para re-teste do audiômetro de Rudmose foi verificada nas frequências de 4, 6, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16 e 18 KHz. Cada soldado realizou a audiometria convencional e

de alta frequência três vezes. O autor concluiu que a AAF pode ser executada com boa confiabilidade, contudo os resultados obtidos por diferentes técnicas e equipamentos deveriam ser comparados com grande cautela.

Fausti et al.⁷ relatam o desenvolvimento de um novo audiômetro, descrevendo o modelo de geração de estímulo, o transdutor, a calibração e a análise eletroacústica. Foi realizada a descrição de um caso e apresentados como os principais problemas da AAF até aquele momento a falta de potência máxima para avaliar adequadamente as perdas auditivas, os problemas de adequação, o posicionamento e qualidade dos fones de orelha, a fidelidade do sinal quando amplificado e a calibração do audiômetro.

Em seguimento do estudo anterior com ampliação da amostra, concluíram que a audiometria convencional, pelo limitado número de frequências que abrange, poderia dar a impressão errada de normalidade. A AAF amplia, confirma e/ou refuta as impressões clínicas fornecidas pela audiometria até 8 KHz, além de possibilitar a detecção precoce, a descrição e a diferenciação das perdas auditivas induzidas por ruído.⁸

Stevens et al.⁹ escreveram que ondas contínuas no meato acústico externo acusam dificuldades substanciais no julgamento dos limiares auditivos nas altas frequências, devido à incerteza na especificação do estímulo acústico. Os autores sugeriram, então, um procedimento de calibração para estimar a pressão sonora na extremidade interna do MAE.

Em 1985 foi realizada uma descrição histórica da audiometria de altas frequências, traçando uma comparação entre os resultados obtidos através da AAF de campo livre e aquela utilizando fones convencionais.¹⁰ No grupo de 10 homens e 10 mulheres, entre 20 e 29 anos com limiares na audiometria convencional abaixo de 15dB NA, foi realizada AAF (8 a 18 KHz). Foi observado que, apesar de todos os indivíduos terem respondido em todas as frequências testadas, na audiometria de campo livre, ocorreu um súbito aumento do limiar após 14 KHz, enquanto que, na realizada com o fone, ocorreu um aumento progressivo após 12 KHz. Os autores concluíram que o método que emprega o fone de orelha é mais sensível e de mais fácil execução.

Schechter et al.¹¹ selecionaram 157 indivíduos com sensibilidade auditiva normal (<15 dB re:ANSI 1969), de seis a 30 anos, sendo 94 do sexo masculino e 63 do feminino para realização de AAF, utilizando o mesmo audiômetro e fone de ouvido KOSS HV/IA, empregado no estudo de Fausti et al.⁷ Segundo esses autores, embora tenham oferecido alguns modelos de padronização, os limiares de normalidade da AAF ainda não seriam confiáveis. Os resultados obtidos mostraram que todos os grupos etários apresentaram resposta em todas as frequências até 16 KHz, e que ocorreu uma queda da capacidade auditiva nas frequências acima de 10 KHz com o avançar da idade.

Observou-se que, enquanto no grupo etário de seis a 10 anos ocorreu resposta em 100% em 20 KHZ, somente foi vista resposta em 44% no grupo mais velho (26-30 anos). Foi observada também uma maior variabilidade da qualidade auditiva em sujeitos mais velhos, levando os autores a questionar as causas de deterioração da qualidade auditiva nas altas frequências entre os jovens, com o avançar da idade. Foram inferidas causas genéticas e pré e pós-natais para o problema. Dentro das três faixas etárias mais jovens pesquisadas (6-10 anos, 11-15 anos, 16-20 anos), observaram, na média, um aumento do limiar auditivo entre 12 e 18 kHz de 2,5 vezes. Em conclusão, os autores escreveram que os dados obtidos no estudo pareciam confirmar a gradual diminuição da sensibilidade nas altas frequências da infância a adolescência e nos primeiros anos da vida adulta. Os autores sugeriram dois pontos: o primeiro, que sejam realizados estudos empregando uma população mais idosa para comprovar a queda progressiva dos limiares com a idade e a maior variação entre o mesmo grupo quanto mais velho este for; o segundo, que os indivíduos que venham a ser submetidos a drogas ototóxicas tenham uma AAF de base, e que variações de 15 a 20 dB entre os exames sejam caracterizados como decorrentes do tratamento, visto que os padrões de normalidade ainda não haviam sido estabelecidos.

Green et al.¹² realizaram a investigação dos limiares auditivos, entre 8 e 20 KHZ, de 37 adultos jovens (18-26 anos), sem queixas otológicas, utilizando um novo audiômetro de altas frequências. Todos os sujeitos apresentaram 15 dB NA ou menos em todas as frequências até 8 KHz e imitancimetria normal. Os autores utilizaram um fone de inserção, calibrado para cada orelha testada e realizaram um re-teste, objetivando a estimativa da média dos limiares auditivos das altas frequências em indivíduos com audição normal. Um microfone foi implantado na peça inserida no meato acústico externo para medir a resposta, quando um impulso era gerado pelo aparelho de audiometria. Para esta resposta, era calculada a diferença entre o nível de pressão sonora liberada do aparelho e aquela percebida na metade do meato acústico externo. Essa diferença apresentou um aumento gradual de 2 a 12 dB com o avançar pela escala das frequências. Foi observado que a média do limiar foi de 23 dB para 8 KHz, 30 dB para 12 KHz e 37 para 18 KHz. Os autores relataram uma diferença de 15 dB entre as pressões sonoras do início e as da segunda metade do meato acústico externo. Concluíram que é difícil comparar estudos que utilizam fone de inserção com aqueles que o fazem com fones convencionais, e que a anatomia do meato acústico externo poderia influenciar muito na avaliação das AAF.

Frank e Dreisbach¹³ realizaram um estudo com o objetivo de constatar a reprodutibilidade dos limiares de audibilidade das altas frequências para o mesmo indivíduo após uma série de quatro exames, utilizando o audiôme-

tro Beltone 2000. Foram selecionados 50 voluntários, 25 homens e 25 mulheres, com idade média de 22,6 anos, com limiares auditivos dentro dos padrões de normalidade (≤ 15 dB NA; ANSI S3.6-1989) nas frequências convencionais (0,25-8 KHz) e imitancimetria normal. Os limiares de audibilidade foram obtidos nas frequências de 10, 12, 14, 16 e 18 KHz para cada indivíduo, em quatro sessões de exame, com pelo menos uma, mas não mais que duas semanas de diferença, com fones de orelha acoplados pelo examinador. As diferenças entre os limiares auditivos para cada uma das seis comparações possíveis entre os exames não mostraram diferença significativa ($p > 0,05$), sendo de no máximo 10 dB em 94% das orelhas. Segundo, os autores, esses índices confirmaram a reprodutibilidade dos limiares auditivos intra-indivíduo numa seqüência de testes e aumentaram a importância e confiabilidade da AAF na monitorização de pacientes com exposição a drogas ototóxicas.

Tang e Letowski¹⁴ abordaram o problema da grande variação de limiares de audição nas altas frequências entre pessoas com características semelhantes e a dificuldade de calibração audiométricas na região das altas frequências, decorrente das grandes variações de nível de pressão sonora nos diferentes meatos acústicos externos. O estudo realizado teve como objetivo determinar se o uso do fone de inserção poderia reduzir a variabilidade dos limiares inter-indivíduos, possibilitando uma futura normatização dos limiares nas altas frequências nos moldes que existem para a audiometria convencional. Foram selecionados 10 adultos jovens, cinco homens e cinco mulheres, entre 18 e 25 anos, sem qualquer alteração otológica e com os limiares até 8 KHz abaixo de 15 dB NA. Foi utilizado o audiômetro de alta frequência Beltone 2000 com fones de orelha Sennheiser HD-250 e de inserção Etymotic ER-1, posicionados pelo médico examinador. Foram testadas as frequências de 10, 12, 14 e 16 KHz em duas sessões. Os autores não observaram diferença significativa entre os limiares obtidos entre as orelhas direita e esquerda e, tampouco, entre as duas séries de exames. Foi constatado que os fones de inserção poderiam oferecer uma discreta redução da variabilidade de resposta inter-indivíduos, o que poderia facilitar uma normatização dos limiares auditivos para as frequências acima de 8 KHz.

Burén et al.¹⁵ realizaram audiometria de tons puros nas frequências de 250 a 20000 Hz, em três grupos, cujas médias de idade foram de 10,1, 14,6 e 18,8 anos, num total de 335 indivíduos. Utilizaram, para avaliação das altas frequências, o audiômetro Interacoustics AS 10HF e fones de orelha Koss/1A. Nas frequências ultra-altas, encontraram um aumento sistemático dos limiares de audição nos grupos de 14 e de 18 anos de idade, a partir de 14 KHz, quando comparado ao grupo com média de 10 anos de idade, o que mostrou concordância com o estudo de Schechter et al.¹¹ Apenas em alguns estudos não se observou

uma variação dos limiares auditivos entre 10 e 20 anos de idade.^{16,17} Sendo assim, os autores concluíram que a audição em frequências ultra-altas começa a se deteriorar numa idade inferior a 14 anos.

Kenna et al.¹⁸ referiram que um dos fatores limitantes para incluir a audiometria acima de 9 KHz na rotina clínica residiria na ausência de mais estudos normativos para determinar a audição nestas frequências. Elas citaram os diversos fatores que dificultam a testagem das frequências acima de 4 KHz: as interações complexas entre o comprimento de onda do estímulo e as dimensões do meato acústico externo, as dificuldades de calibração do equipamento e da razão sinal/ruído. As autoras realizaram, em 60 crianças, com idades entre cinco e 18 anos, audiometrias nas frequências de 0,25 a 20 KHz e notaram uma queda dos limiares a partir de 14 KHz. Segundo elas, a audição normal em altas frequências ainda não pode ser estabelecida, mas a audiometria acima de 8 KHz é adequada para monitorar o antes e o depois no mesmo indivíduo, em caso de exposição a drogas ototóxicas.

Fouquet¹⁹ realizou AAF em 60 indivíduos, divididos equitativamente entre os sexos, entre 18 e 30 anos, utilizando o audiômetro Interacoustics AS10 HF e fones Koss HV/PRO, com resultados obtidos em NPS. Observaram que existiu uma diferença estatisticamente significativa entre os limiares das orelhas direita e esquerda, segundo sexo, faixa etária e frequência, em somente três das quarenta análises estatísticas realizadas. Notaram uma curva audiométrica relativamente linear nas frequências de 9 a 12 KHz, e queda abrupta dos limiares a partir de 15 KHz, na faixa etária de 18 a 24 anos, e a partir de 13 KHz, na faixa mais velha. Verificou-se, assim, que ocorreu uma piora da acuidade auditiva para frequências ultra-altas conforme o aumento da frequência e da idade.

Azevedo e Iorio³ avaliaram 52 indivíduos, sendo 32 do sexo masculino e 20 do sexo feminino, na faixa de 12 a 15 anos, para determinação dos limiares de audibilidade das altas frequências. Utilizaram o audiômetro Interacoustics AS10 HF e fones Koss HV-1A, com limiares expressos em NPS. Os resultados apresentados não mostraram diferença estatisticamente significativa entre os limiares auditivos das duas orelhas, salvo em 1 KHz. Não ocorreu diferença entre os sexos. As autoras observaram que as médias e medianas dos limiares de audibilidade das altas frequências mantiveram-se estáveis até 13 KHz, ocorrendo um aumento progressivo dos limiares a partir de 14 KHz. O estudo mostrou como conclusão que existiu diferença estatisticamente significativa entre os limiares de audibilidade obtidos nas frequências de 9 a 18 KHz em ambas as orelhas.

Sahyeb et al.²⁰ ainda citavam que inúmeros problemas afligiam os métodos de avaliação dos limiares auditivos nas altas frequências, dando como exemplos: a falta de consenso quanto à importância dos sons, a

ausência de fidelidade nos padrões de calibração, a limitação dos audiômetros e fones de orelha, a variação da metodologia dos estudos e, principalmente, a falta de consenso nos resultados. Os autores realizaram um estudo com 50 indivíduos, sendo 24 do sexo masculino e 26 do feminino, na faixa etária de 18 e 30 anos, que se apresentavam audiologicamente dentro dos padrões de normalidade após terem sido submetidos ao exame clínico e audiométrico convencional (ANSI S.3,6)²¹. Foi utilizado, para avaliação das altas frequências, o audiômetro SD50 da marca SIEMENS e fones de orelha HDA200, da marca SENNHEISER, com correções para NA, de acordo com o Certificado 1.51-9493/92 e 14738/93. Foram pesquisadas as frequências de 9, 10, 11.2, 12.5, 14 e 16 KHz. Dois examinadores foram responsáveis pela execução dos exames, a fim de analisar variabilidades intra-indivíduo. Os fones de orelha foram posicionados pelos examinadores num primeiro exame, com análise das frequências citadas, e depois, pelo examinado, com avaliação apenas das frequências de 9 e 16 KHz, a fim de avaliar as variáveis de posicionamento relatadas na literatura. Os elementos de pesquisa foram submetidos a um breve treinamento para melhor percepção dos tons puros de alta frequência. Dessa forma, quatro audiogramas de alta frequência foram obtidos de cada indivíduo, sendo quatro limiares nas frequências de 10 e 14 KHz e oito limiares nas frequências de 9 e 16 KHz. Os pesquisadores tentaram reduzir as variáveis confundidoras, colocando de forma aleatória, a ordem de apresentação das frequências e a escolha do ouvido-teste inicial. O resultado da avaliação dos exames não mostrou diferenças significativas entre os limiares auditivos do sexo masculino e feminino e nem tampouco entre as orelhas. Os autores relatam uma melhora da sensibilidade auditiva em função do aumento da frequência, com limiares de audibilidade em torno de 3 dB NA em 9 KHz e de - 4dB NA em 16 KHz. Os mesmos ressaltaram que este padrão de melhora da qualidade auditiva em indivíduos jovens provavelmente se deveu à calibração do aparelho em NA, enquanto que a maioria dos estudos anteriores analisaram os limiares em dB NPS, mostrando uma piora da acuidade auditiva com o aumento da frequência. Segundo os pesquisadores, esta característica encontrada nas pesquisas anteriores, reflete a necessidade fisiológica da orelha interna humana de maior energia sonora para conseguir detectar os tons de alta frequência. Observou-se, também, que as médias dos limiares nas frequências estudadas não ultrapassaram os valores de + 5 e - 5 dB NA. Nesse estudo, não foi observada variabilidade significativa pelo fato de os fones terem sido posicionados ora pelos examinadores ora pelo examinado, ou mesmo pelos examinadores entre si. Contudo, foi encontrada diferença entre os limiares do mesmo indivíduo, obtidos em dias diferentes. Os autores inferiram que a melhora obtida no segundo dia poderia estar relacionada com o aprendizado. Observou-se ainda

um aumento da variabilidade inter-indivíduos em função do aumento da frequência, sendo mais nítida acima de 12 KHz. Os autores, na conclusão, sugeriram que um treino prévio ao exame, principalmente nas frequências acima de 12 KHz, poderia oferecer uma maior confiabilidade aos resultados, e que, no monitoramento audiológico das altas frequências, os exames deveriam ser comparados individualmente e não entre indivíduos por causa da grande variabilidade apresentada.

As pesquisas desenvolvidas, apesar de contarem com aparelhos capazes de produzir sons de alta frequência, carecem de consenso tanto nos resultados apresentados como na avaliação da importância desses sons. Os estudos tornam evidentes a falta de fidelidade aos padrões de calibração, as limitações dos audiômetros e fones de orelha, as complexas interações entre o comprimento de onda e as dimensões do meato acústico externo (MAE) e a grande variação de metodologias aplicadas. Tais dúvidas demonstram a carência do conhecimento relacionado à normalidade e à doença.³ Além disso, a maioria dos estudos ainda conta com resultados em nível de pressão sonora.

Dessa forma, torna-se fundamental a realização de mais estudos seriados e consistentes a respeito dos limiares de audibilidade das altas frequências em indivíduos sem queixas audiológicas, nas diferentes faixas etárias. Essas investigações promovem o conhecimento da normalidade, permitindo que se possa detectar, de forma precoce, as deficiências auditivas, principalmente em alterações sensorio-neurais, que geralmente têm seu início a partir das frequências mais altas.

Diante dessas considerações, o presente trabalho se propõe a analisar os resultados dos limiares de audibilidade das altas frequências, em nível de audição, de indivíduos entre 18 e 29 anos sem queixas otológicas.

PACIENTES E MÉTODO

O presente estudo prospectivo, do tipo seccional. O protocolo de pesquisa foi analisado e aprovado pelo comitê de ética médica, cumprindo, desta forma, todos os requisitos necessários para realização de estudo clínico em seres humanos.

Elegeram-se os indivíduos que procuraram o Serviço de Otorrinolaringologia de forma voluntária, no período de junho a setembro de 2005, após informação veiculada em forma de cartaz, dentro das dependências do hospital, que convocava pessoas de ambos os gêneros, entre 18 e 29 anos, sem queixas otológicas.

Todos os indivíduos foram previamente informados do objetivo do trabalho, bem como dos procedimentos envolvidos. Após a leitura e assinatura do termo de consentimento livre e esclarecido, todos aceitaram participar da pesquisa. Foram orientados, então, no sentido de que não haveria nenhum ônus pela participação e que, caso

desejassem, poderiam deixar de participar do trabalho em qualquer etapa da atividade.

Foram excluídas do estudo as pessoas com história de doença otológica crônica, cirurgia otológica, trauma acústico ou alteração no limiar auditivo em audiometria prévia, história familiar de doença otológica hereditária que cursasse com perda auditiva, profissão com alta exposição ao ruído, assim como paciente que não foi entrevistado, paciente que não realizou os exames audiométricos ou que apresentasse audiometria convencional com limiares, em qualquer frequência, maiores do que 25 dB NA.

Foram realizadas 60 audiometrias convencionais, sendo 51 exames com resultados normais. Esses 51 indivíduos (32 mulheres e 19 homens) passaram a fazer parte da amostra final do estudo. Os voluntários foram submetidos a uma entrevista com questionário padronizado, aplicado por um único médico otorrinolaringologista.

O instrumento de coleta de dados visava a caracterização das variáveis sócio-demográficas e dos potenciais fatores adjuvantes na determinação das variações dos limiares auditivos das diferentes faixas etárias.

Em seguida, foi realizado um exame otomicroscópico pelo mesmo otorrinolaringologista com a finalidade de descartar alterações que pudessem interferir na avaliação do limiar de audibilidade. Nessa etapa, três indivíduos foram excluídos por apresentarem alguma alteração, como, por exemplo, perfuração de membrana timpânica e timpanoesclerose e encaminhados ao Serviço de Otorrinolaringologia.

Os voluntários selecionados nas etapas anteriores foram submetidos à audiometria tonal convencional com o aparelho AMPLAID 460, da marca Amplifon, e com fone de orelha convencional, da marca Telephonics 296 D 100-1. Os exames eram realizados por quatro fonoaudiólogas acompanhadas do médico otorrinolaringologista, em cabine audiométrica, com tratamento acústico apropriado.

Para a realização dos exames audiométricos, os indivíduos eram deslocados para a cabine e posicionados em uma cadeira de forma que não observassem frontalmente o executor do exame. Esse acoplava os fones de orelha no indivíduo e vedava o recinto.

Os indivíduos que apresentaram limiares auditivos menores ou iguais a 25 dB NA nas frequências entre 250 e 8000 Hz, 21 eram, logo em seguida, submetidos à audiometria de alta frequência. Nessa etapa, foram excluídos seis indivíduos.

Para o segundo teste, foi usado o mesmo equipamento, também com limiares em dB NA, bem como a mesma cabine e um fone de ouvido adequado à avaliação das altas frequências: Sennheiser HD 520 II. Foram pesquisados os limiares de audibilidade nas frequências de 9 a 18 KHz, em intervalos de 1000 Hz (Foto 3).

As audiometrias tonal limiar convencional e de altas frequências foram realizadas segundo a técnica

descendente.²²

A análise estatística foi realizada pelos seguintes métodos:

-O teste de Mann-Whitney foi utilizado para comparação dos limiares entre o sexo masculino e feminino;

-O teste dos postos sinalizados de Wilcoxon foi aplicado para analisar a variação nos limiares entre as orelhas direita e esquerda;

-A Análise de Variância de Friedman foi realizada para analisar a variação nos limiares ao longo das frequências. O teste de comparações múltiplas, baseado na estatística de Friedman, foi aplicado para identificar quais as frequências que diferem entre si.²³

-Foram utilizados testes não-paramétricos, pois a variável limiar não apresentou distribuição normal (distribuição de Gauss), devido à dispersão dos dados e a falta de simetria da distribuição. O critério de determinação de significância adotado foi o nível de 5%.

RESULTADOS

Foi realizada a avaliação da variação dos limiares de audibilidade entre os sexos para verificar se os

limiares de audibilidade eram estatisticamente diferentes entre os gêneros. As Tabelas 1 e 2 fornecem a média, o desvio padrão (DP), a mediana, e o mínimo e o máximo dos limiares segundo o sexo, e o correspondente nível descritivo (p-valor) para as orelhas direita e esquerda, respectivamente. A análise estatística foi realizada pelo teste de Mann-Whitney.

Observou-se que não existiu diferença significativa nos limiares de audibilidade da orelha direita entre o sexo masculino e feminino na faixa de 18 a 29 anos.

Observou-se que não existiu diferença significativa nos limiares de audibilidade da orelha esquerda entre o sexo masculino e feminino na faixa de 18 a 29 anos.

Foi testada a variação dos limiares de audibilidade entre as orelhas direita e esquerda. A Tabela 3 fornece a média, o erro padrão (EP), a mediana, o mínimo e o máximo da variação absoluta dos limiares entre as orelhas (direita-esquerda), e o correspondente nível de descritivo (p valor) do teste estatístico para o total da amostra. A análise estatística foi realizada pelo teste dos postos sinalizados de Wilcoxon.

Observou-se que existiu uma variação significativa no limiar da frequência 11000 Hz (p = 0,032) e 12000 Hz

Tabela 1. Análise estatística dos limiares de audibilidade da orelha direita por sexo.

Cód.	Variável	Sexo	n	Média	D.P.	Mediana	Mínimo	Máximo	p valor
X28	8 OD	masc	19	6,1	6,8	5	-5	20	0,51
		fem	32	4,7	6,2	5	-5	20	
X30	9 OD	masc	19	5,0	5,5	5	-5	15	0,57
		fem	32	3,8	6,0	5	-10	15	
X32	10 OD	masc	19	4,5	8,5	5	-10	25	0,79
		fem	32	4,2	7,6	5	-10	20	
X34	11 OD	masc	19	6,1	9,4	5	-10	30	0,37
		fem	32	3,4	7,2	5	-10	20	
X36	12 OD	masc	19	4,5	13,5	0	-10	40	0,58
		fem	32	1,1	7,0	0	-10	15	
X38	13 OD	masc	19	6,3	17,5	0	-10	60	0,42
		fem	32	0,0	7,1	0	-10	15	
X40	14 OD	masc	19	-1,3	12,9	-10	-10	35	0,68
		fem	32	-3,0	10,3	-10	-10	25	
X42	15 OD	masc	19	0,8	14,4	-5	-10	40	0,14
		fem	32	-3,0	12,9	-10	-10	30	
X44	16 OD	masc	19	6,3	18,1	0	-10	40	0,69
		fem	32	4,2	15,6	0	-10	40	
X46	17 OD	masc	19	10,5	17,2	5	-10	35	0,68
		fem	32	8,1	14,8	2,5	-10	35	
X48	18 OD	masc	19	19,7	14,6	25	-10	35	0,13
		fem	32	15,0	14,4	20	-10	35	

DP: Desvio Padrão

Tabela 2. Análise estatística dos limiares da orelha esquerda por sexo.

Cód.	Variável	Sexo	n	Média	D.P.	Mediana	Mínimo	Máximo	p valor
X29	8 OE	masc	19	5,8	8,9	5	-10	25	0,69
		fem	32	5,5	8,0	5	-5	25	
X31	9 OE	masc	19	1,8	7,1	0	-10	15	0,10
		fem	32	4,7	6,3	5	-10	15	
X33	10 OE	masc	19	5,3	5,6	5	-5	15	0,97
		fem	32	5,8	9,3	5	-10	25	
X35	11 OE	masc	19	6,6	8,2	5	-5	30	0,59
		fem	32	7,8	9,7	5	-5	45	
X37	12 OE	masc	19	4,2	8,5	0	-10	25	0,68
		fem	32	4,7	8,0	5	-10	25	
X39	13 OE	masc	19	2,9	8,4	0	-10	30	0,54
		fem	32	1,4	7,4	0	-10	25	
X41	14 OE	masc	19	-5,0	9,3	-10	-10	25	0,56
		fem	32	-4,5	9,0	-10	-10	30	
X43	15 OE	masc	19	-3,2	10,2	-10	-10	25	0,99
		fem	32	-3,6	10,4	-10	-10	40	
X45	16 OE	masc	19	3,9	16,6	0	-10	40	0,97
		fem	32	2,2	13,4	0	-10	40	
X47	17 OE	masc	19	5,3	18,0	-5	-10	45	0,39
		fem	32	6,7	13,8	5	-10	40	
X49	18 OE	masc	19	12,6	16,4	15	-10	35	0,16
		fem	32	19,4	12,9	25	-10	35	

DP: Desvio Padrão

Tabela 3. Análise estatística da variação dos limiares entre as orelhas (OD-OE).

Cód.	Varição	n	Média	E.P.	Mediana	Mínimo	Máximo	p valor
X60	Var 8000 Hz	51	-0,392	1,04	0	-15	15	0,63
X61	Var 9000 Hz	51	0,588	1,09	0	-15	25	0,67
X62	Var 10000 Hz	51	-1,275	1,16	0	-15	25	0,17
X63	Var 11000 Hz	51	-2,941	1,26	-5	-25	15	0,032
X64	Var 12000 Hz	51	-2,157	1,43	-5	-20	40	0,032
X65	Var 13000 Hz	51	0,392	1,65	0	-20	60	0,60
X66	Var 14000 Hz	51	2,353	1,62	0	-35	45	0,15
X67	Var 15000 Hz	51	1,863	1,98	0	-40	50	0,52
X68	Var 16000 Hz	51	2,157	2,00	0	-20	45	0,68
X69	Var 17000 Hz	51	2,843	1,98	0	-25	40	0,34
X70	Var 18000 Hz	51	-0,098	1,66	0	-25	25	0,87

($p = 0,032$) entre a orelha direita e esquerda. Contudo, não existiu diferença significativa entre as orelhas nas demais frequências.

Sendo assim, foi proferida a análise descritiva dos limiares auditivos das altas frequências. O resultado da média dos limiares tonais auditivos das altas frequências

manteve-se menor ou igual a 16,9 dB NA em todas as faixas testadas nos indivíduos entre 18 e 29 anos de idade, como observado na Tabela 4.

Em seqüência avaliamos a variação dos limiares de audibilidade ao longo das frequências através da Análise de Variância de Friedman. Essa análise verificou a existência

Tabela 4. Análise descritiva dos limiares para a faixa de 18 a 29 anos.

Cód.	Limiar	n	Média	D.P.	Mediana	Mínimo	Máximo
X28	8 OD	51	5,2	6,4	5	-5	20
X30	9 OD	51	4,2	5,8	5	-10	15
X32	10 OD	51	4,3	7,9	5	-10	25
X34	11 OD	51	4,4	8,1	5	-10	30
X36	12 OD	51	2,4	10,0	0	-10	40
X38	13 OD	51	2,4	12,3	0	-10	60
X40	14 OD	51	-2,4	11,2	-10	-10	35
X42	15 OD	51	-1,6	13,4	-10	-10	40
X44	16 OD	51	5,0	16,4	0	-10	40
X46	17 OD	51	9,0	15,6	5	-10	35
X48	18 OD	51	16,8	14,5	20	-10	35
X29	8 OE	51	5,6	8,2	5	-10	25
X31	9 OE	51	3,6	6,7	5	-10	15
X33	10 OE	51	5,6	8,0	5	-10	25
X35	11 OE	51	7,4	9,1	5	-5	45
X37	12 OE	51	4,5	8,1	5	-10	25
X39	13 OE	51	2,0	7,8	0	-10	30
X41	14 OE	51	-4,7	9,0	-10	-10	30
X43	15 OE	51	-3,4	10,2	-10	-10	40
X45	16 OE	51	2,8	14,5	0	-10	40
X47	17 OE	51	6,2	15,3	5	-10	45
X49	18 OE	51	16,9	14,5	20	-10	35

DP: Desvio Padrão

Tabela 5. Comparações múltiplas entre as freqüências (KHz).

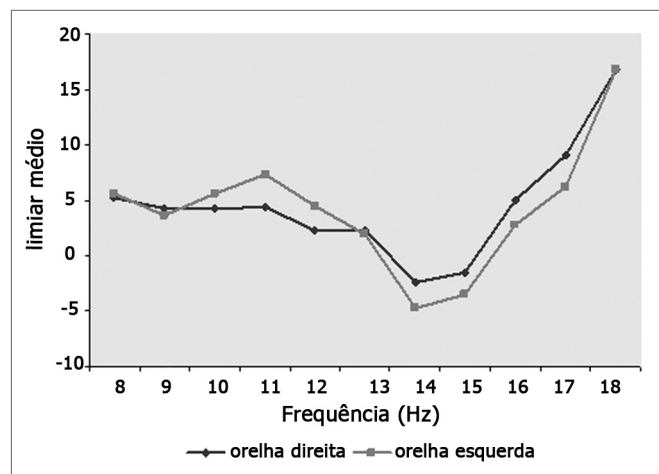
	Freqüências (Hz)											
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
8							X	X				X
9							X	X				X
10							X	X				X
11							X	X				X
12							X	X				X
13							X	X				X
14	X	X	X	X	X	X			X	X		X
15	X	X	X	X	X	X			X	X		X
16							X	X			X	X
17					X	X	X	X	X			X
18	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	

X: significativo ao nível de 0,5%
matriz inferior: orelha direita
matriz superior: orelha esquerda

de variação (queda ou aumento) significativa ao longo das frequências. O teste de comparações múltiplas, baseado na estatística de Friedman, foi aplicado para identificar quais as frequências que diferiram entre si.

A Tabela 5 abaixo fornece o resultado da Análise de Variância de Friedman e as frequências estatisticamente diferentes, segundo o teste de comparações múltiplas, em nível de 5%. O nível de significância foi ajustado para 0,5%, visando controlar o erro do Tipo I (erro α), que implica encontrar erradamente diferenças significativas, quando comparamos vários subgrupos entre si. A Tabela 5 identifica o par de frequências significativamente diferentes, separadamente para a orelha direita (matriz inferior) e orelha esquerda (matriz superior). Observou-se, pela Análise de Variância de Friedman, que existiu uma variação altamente significativa ao longo das frequências ($p = 0,0001$).

O comportamento longitudinal das frequências entre as orelhas direita e esquerda foi muito semelhante, com poucas diferenças, sem grandes expressividades. Contudo, existiram diferenças, o que justifica a não união de dados de orelhas direitas e esquerdas.



O Gráfico 1 ilustra os níveis médios dos limiares de audibilidade das orelhas direita e esquerda.

DISCUSSÃO

A audiometria convencional não avalia, de forma consistente, a capacidade de resposta da base da cóclea, local freqüente de alterações hereditárias e adquiridas. A vulnerabilidade desse seguimento da orelha interna decorre de sua maturação mais precoce, das diferenças celulares regionais, de mecanismos cocleares específicos para cada frequência estimulada, que deflagra mecanismos de ativação da membrana basilar, da proximidade da janela oval e redonda, da composição bioquímica e dos níveis de vascularização ao longo do ducto coclear, fator esse que permite uma exposição mais intensa às flutuações de pressão e toxinas.

Contudo, a avaliação adequada desse seguimento coclear através da avaliação dos limiares de audibilidade das altas frequências ainda carece de padronização quanto ao equipamento utilizado (em dB NPS ou NA), calibração e posicionamento do fone de orelha, entre outros, para, enfim, permitir uma comparação confiável entre os estudos.^{8,10,11,12,16,17,20,24-27}

De acordo com a análise dos resultados dos testes estatísticos nesta pesquisa, observamos que não se identificaram diferenças significativas entre os limiares auditivos dos gêneros masculino e feminino. Tais resultados entram em concordância com os de Green et al.¹², De Seta et al.¹⁰, Okstad et al.¹, Azevedo e Iorio³, Sahyeb et al.²⁰, que empregaram indivíduos da faixa etária jovem, e com a maioria dos estudos disponíveis para outras faixas etárias. Alguns estudos encontraram diferenças significativas em apenas um lado e em poucas frequências, como o de Martinho et al.²⁷ e o de Fouquet¹⁹ que observaram uma audibilidade melhor nas mulheres apenas na orelha direita, e em 10 e 16 KHz e 14 KHz, respectivamente. Northern et al.²⁸, em um estudo com 237 pacientes entre 20 e 70 anos, observaram que os homens apresentam uma perda auditiva mais uniforme que as mulheres entre a terceira e quarta décadas, mas não informa se esta é mais intensa. Pedalini et al.²⁹ relata a presença de diferença significativa dos limiares entre os sexos nos indivíduos entre 21 e 30 anos e 41 e 50 anos ($p < 0,005$), com melhores respostas no sexo feminino, mas não informa se isto ocorre em todas as frequências, ou apenas em uma. Em outras duas pesquisas^{17,30}, observou-se uma pior acuidade auditiva para os homens, em média de 4,4 dB NPS, em todas as frequências e em faixas etárias consecutivas. Pelo que observamos na literatura, não existe consenso quanto à melhor qualidade auditiva das mulheres em comparação com a dos homens, mas é importante observar que o contrário ainda não foi observado em nenhum estudo.

Os resultados obtidos não mostram variação significativa dos limiares de audibilidade entre as orelhas direita e esquerda quando avaliada a amostra total de voluntários. Contudo, duas frequências apresentaram limiares significativamente melhores para a orelha direita. Em relação à variação significativa entre os limiares das orelhas, cabemos apenas especulações. Uma série de autores^{13,20,25,29,31,32} não observou variação estatisticamente significativa na qualidade dos limiares entre as orelhas testadas. Já alguns autores^{16,27} observaram um melhor limiar auditivo para a orelha esquerda. Essa impressão poderia ter sido causada pelo fato das avaliações terem sido iniciadas sempre pelo lado direito, o que teria beneficiado o lado esquerdo pelo efeito de treinamento após a primeira testagem. Segundo Schechter et al.¹¹, os limiares tendem a serem simétricos entre as orelhas nos primeiros anos de vida, mas conforme o avançar da idade a variação poderia atingir 5 a 15 dB NPS, dependendo da idade e da frequência. Esses resulta-

dos, em nossa opinião, podem depender de características genéticas e de fatores ambientais, como exposição a ruídos e drogas ototóxicas, o que poderia explicar as variações encontradas em nosso estudo.

O resultado da média dos limiares tonais auditivos de alta frequência manteve-se menor ou igual a 16,9 dB NA em todas as frequências testadas nos indivíduos entre 18 e 29 anos. A sensibilidade auditiva mostrou-se estável até 13 KHz, apresentando, em seguida, uma melhora significativa nas frequências de 14 e 15 KHz, com média de limiar no valor de 3,6 dB NA em 9 KHz e de - 4,7 dB NA em 14 KHz para orelha esquerda. A partir de 16 KHz adquiriu bilateralmente um padrão de aumento dos limiares de audibilidade até 18 KHz. Sendo assim, encontramos uma curva com tendência à linearidade até 15 KHz, a partir da qual adquire um aspecto ascendente. Esses valores são semelhantes aos encontrados no estudo de Sahyeb et al.²⁰, que empregou um audiômetro com limite superior de frequência de 16 KHz e que forneceu resultado em dB NA. Tais autores encontraram 3,54 como média de limiar para 9 KHz, e de - 4,55 para 14 KHz. Nossos resultados, porém, divergem um pouco dos encontrados por Pedalini et al.²⁹, que encontraram como média, 10 dB NA para 10 KHz e 0 dB NA para 14 KHz. Apenas um outro estudo fornece os limiares em NA, mas a média é obtida agrupando-se os resultados de indivíduos entre 15 e 50 anos, o que não permite comparação pela dispersão das idades.³²

Os demais estudos empregaram audiômetros que fornecem os resultados em dB NPS. Dessa forma, não foi possível realizar uma comparação dos valores brutos das médias com a maioria dos estudos realizados até então, mas sim relacionar a morfologia das curvas.

Em alguns estudos que utilizaram aparelhos que forneciam dados em dB NPS, de acordo com a norma ANSI 3.621, observou-se, à semelhança dos dados obtidos em nosso estudo, um aumento dos limiares de audibilidade em função do aumento de frequência, geralmente de forma mais intensa a partir de 14 KHz, sugerindo uma deterioração da sensibilidade auditiva dentro da faixa etária jovem no transcorrer da escala das frequências 3,10,11,12,16,17, 19,28-30 Segundo Azevedo e Iorio³, que empregaram um grupo mais jovem, de 12 a 15 anos de idade, os limiares de audibilidade permaneceram estáveis até a frequência de 14 KHz, ocorrendo, a partir daí, um aumento progressivo dos limiares em função do aumento da frequência testada, com diferença estatisticamente significativa entre eles. Esses resultados coincidem com os de Stelmachowicz et al.¹⁷ e Kenna et al.¹⁸ que avaliaram 50 indivíduos de 10 a 20 anos de idade e 56 indivíduos entre 5 e 18 anos, respectivamente, e constataram uma elevação de audibilidade a partir de 14 KHz. Fouquet¹⁹ observou uma piora da acuidade auditiva entre dois grupos, 18 a 24 anos e 25 a 30 anos, nas frequências de 12 a 18 KHz no sexo masculino, e apenas em 18 KHz no sexo feminino. Nessa pesquisa

observou-se uma deterioração mais precoce de frequências, abaixo de 16 KHz, do que observamos em nosso estudo. Segundo Burén et al.¹⁵, que avaliaram 335 jovens entre 10 e 18 anos, a queda do limiar auditivo inicia-se aos 14 anos. Embora Lipscomb et al.³³ e Stelmachowicz et al.² não tenham citado uma frequência específica para o início da queda da acuidade, eles relataram que existe uma clara diminuição com o aumento da frequência do estímulo e que, quando a frequência testada aumenta, o número de indivíduos aptos a responder diminui. Em nosso estudo, observamos uma melhora da acuidade auditiva em 14 e 15 KHz, assumindo um vale na curva desta faixa etária, antes do intenso aumento progressivo observado nas frequências posteriores. Um aspecto semelhante de curva pôde ser observado nos trabalhos de Zislis e Fletcher¹⁶ e Northern et al.²⁸, que empregaram indivíduos entre 11 e 18 anos e um subgrupo de 20 a 29 anos, respectivamente. Em ambos não se observa um declive, mas sim um platô, entre 14 e 15 KHz no primeiro, e 13 e 14 KHz no segundo estudo. De Seta et al.¹⁰ observaram exatamente a mesma discreta melhora do limiar de audição em 14 KHz, mostrando-a em gráfico, embora não tenham comentado o achado. Nenhum dos autores citados teceu comentários na tentativa de explicar esses achados, nem encontramos, na literatura específica, ou na que trata da fisiologia propriamente dita, explicações para tal fato.

O presente estudo confirma os trabalhos anteriormente publicados. Estamos de acordo com alguns autores que acreditam que a audiometria de alta-frequência não deva ser usada como método isolado para estabelecimento de diagnósticos^{12,29}, pelo fato de não haver um padrão de normalidade estabelecido. Contudo, quando realizada uma audiometria individual prévia à exposição deletéria, é plenamente factível e confiável a monitorização e o diagnóstico precoce de ototoxicidade e de lesões induzidas por elevados níveis de pressão sonora, tendo, como base, o limiar auditivo individual inicial para realizar uma análise comparativa. A utilização desse método diagnóstico através da comparação intra-indivíduo pode alertar para lesões cocleares mais extensas que venham a alterar a qualidade de vida do paciente, fazendo com que, por exemplo, possamos interromper o uso de uma droga ototóxica. Contudo, a sua utilização clínica mais ampla carece de dados mais homogêneos entre os estudos que possibilitem o estabelecimento de um padrão de normalidade das altas frequências.

Em suma, o presente estudo fornece os limiares de audição em dB NA nas altas frequências para indivíduos sem queixas otológicas, entre 18 e 29 anos. Esses dados poderiam ser utilizados como referência de normalidade para estudos posteriores, utilizando-se equipamento de mesmo padrão que tenham como objetivo avaliar alterações auditivas apresentadas em indivíduos jovens.

CONCLUSÃO

A partir da análise dos resultados obtidos no presente estudo, com relação ao comportamento auditivo nas frequências de 8 a 18 KHz, em indivíduos de 18 a 29 anos com audição normal, conclui-se que:

1. Os resultados obtidos mostraram uma homogeneidade dos limiares de audibilidade entre as orelhas direita e esquerda, apenas com variações significativas em 11 e 12 KHz entre as orelhas direita e esquerda.

2. Não observamos diferenças significativas entre os limiares auditivos dos sexos masculino e feminino na faixa entre 18 e 29 anos.

3. As médias dos limiares auditivos das altas frequências para a orelha direita em indivíduos de 18 a 29 anos foram: 5,2 dBNA em 8 KHz; 4,2 dBNA em 9 KHz; 4,3 dBNA em 10 KHz; 4,4 dBNA em 11 KHz; 2,4 dBNA em 12 KHz; 2,4 dBNA em 13 KHz; - 2,4 dBNA em 14 KHz; - 1,6 dBNA em 15 KHz; 5,0 dBNA em 16 KHz; 9,0 dBNA em 17 KHz e 16,8 dBNA em 18 KHz.

4. As médias dos limiares auditivos das altas frequências para a orelha esquerda em indivíduos de 18 a 29 anos foram: 5,6 dBNA em 8 KHz; 3,6 dBNA em 9 KHz; 5,6 dBNA em 10 KHz; 7,4 dBNA em 11 KHz; 4,5 dBNA em 12 KHz; 2,0 dBNA em 13 KHz; - 4,7 dBNA em 14 KHz; - 3,4 dBNA em 15 KHz; 2,8 dBNA em 16 KHz; 6,2 dBNA em 17 KHz e 16,9 dBNA em 18 KHz.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Okstad S, Mair IW, Laukli E. High-frequency audiometry: air- and electric bone-conduction. *Acta Otolaryngol Suppl* 1988;449:159-60.
- Stelmachowicz PG, Beauchaine KA, Kalberer A, Langer T, Jesteadt W. The reliability of auditory threshold in the 8 to 20 kHz range using a prototype audiometer. *J Acoust Soc Am* 1988;83(4):1528-35.
- Azevedo LL, Iorio MCM. Estudo dos limiares de audibilidade nas altas frequências em indivíduos de 12 a 15 anos com audição normal. *Acta Awho* 1999;18(2):78-85.
- Dadson RS, King JH. A determination of the normal threshold of hearing and its relation to the standardization of audiometers. *J Laryngol Otol* 1952;66(8):366-78.
- Rudmose W. Concerning the Problem of calibrating TDH-39 Earphones at 6 KHz with a 9-A Coupler. *J Acoust Soc Am* 1964;36:1949.
- Fletcher, JL. Reliability of high-frequency thresholds. *J Aud Res* 1965;5:133-7.
- Fausti SA, Frey RH, Erickson DA, Rappaport BZ, Cleary EJ, Brummett RE. A system for evaluating auditory function from 8000–20 000 Hz. *J Acoust Soc Am* 1979;66(6):1713-8.
- Fausti SA, Erickson DA, Frey RH, Rappaport BZ, Schechter MA. The effects of noise upon human hearing sensitivity from 8000 to 20 000 Hz. *J Acoust Soc Am* 1981;69(5):1343-7.
- Stevens KN, Blumenthal SH, Green DM, Krasner M. Ear-canal resonances and the assessment of hearing thresholds at high frequencies. *J Acoust Soc Am* 1982;72(1):S6.
- De Seta E, Bertoli GA, Filipo R. High-frequency audiometry above 8 kHz. Comparative results of normative thresholds obtained with a headphone system and a quasi-free-field system. *Audiology* 1985;24(4):254-9.
- Schechter MA, Fausti SA, Rappaport BZ, Frey RH. Age categorization of high-frequency auditory threshold data. *J Acoust Soc Am* 1986;79(3):767-71.
- Green DM, Kidd GJ, Stevens KN. High-frequency audiometric assessment of a young adult population. *J Acoust Soc Am* 1987;81(2):485-94.
- Frank T, Dreisbach LE. Repeatability of high-frequency thresholds. *Ear Hear* 1991;12(4):294-5.
- Tang H, Letowski T. High-frequency threshold measurements using insert earphones. *Ear Hear* 1992 Oct;13(5):378-9.
- Burén M, Solem BS, Laukli E. Threshold of hearing (0.125-20 kHz) in children and youngsters. *Br J Audiol* 1992;26(1):23-31.
- Zislis T, Fletcher JL. Relation of high frequency thresholds to age and sex. *J Aud Res* 1966;6:189-98.
- Stelmachowicz PG, Beauchaine KA, Kalberer A, Jesteadt W. Normative thresholds in the 8 to 20 kHz range as a function of age. *J Acoust Soc Am* 1989;86(4):1384-91.
- Kenna MA, Vento B, Sabo D. High frequency and ultra-high frequency hearing in a normal pediatric population. Twenty-First Annual Meeting of the Society for Ear Nose and Throat Advances in Children, Pittsburg, PA Dec. 2-5 (1993).
- Fouquet ML. Limiares de audibilidade nas frequências ultra-altas de 9 a 18kHz em adultos de 18 a 30 anos [Especialização]. São Paulo: Universidade Federal de São Paulo, Escola Paulista de Medicina; 1997.
- Sahyeb DR, Costa Filho OA, Alvarenga KF. Audiometria de alta frequência: estudo com indivíduos audiologicamente normais/ High-frequency audiometry: study with normal audiological subjects. *Rev Bras Otorrinolaringol* jan-fev 2003;69(1):93-9.
- American National Standard Institute. American National Standard Specification for Audiometers (ANSI 3.6) New York: ANSI, 1969.
- Albermaz, PM. Otorrinolaringologia Prática. 10a ed. São Paulo: Sarvier, 1981.
- Hollander M, Wolf DA, editors. Nonparametric Statistical Methods. New York: John Wiley & Sons; 1973.
- Vassallo L, Sataloff J, Menduke H. Very high frequency audiometric technique. *Arch Otolaryngol* 1968;88(3):251-3.
- Johnson DW, Sherman RE, Aldridge J, Lorraine A. Extended high frequency hearing sensitivity. A normative threshold study in musicians. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 1986 Mar-Apr;95(2 Pt 1):196-202.
- Pombo BC, Martín CM. Audiometria de alta frecuencia: umbrales de audición en oídos normales. *Anales O.R.L. Iber-Amer.* XXVIII 2001;(2):175-84.
- Martinho T, Zeigelboim BS, Marques JM. Perfil audiológico nas altas frequências em indivíduos de 30 a 40 anos com audição normal. *Arq Otorrinolaringol*, São Paulo 2005;9(1):18-25.
- Northern JL, Downs MP, Rudmose W, Glorig A, Fletcher JL. Recommended High-frequency audiometric Threshold Levels (8000-18000 Hz). *J Acoust Soc Am* 1972;52:595.
- Pedalini MEB, Sanchez TG, DAntonio A, DAntonio W, Balbani A, Hachiya A, Liberman S, Bento RF. Média dos limiares tonais na audiometria de alta frequência em indivíduos normais de 4 a 60 anos. *Pró-fono* 2000;12(2):17-20.
- Vassallo L, Sataloff J, Menduke H. Air conduction thresholds for high frequencies. *J Occup Med* 1967;9(7):353-7.
- Matthews LJ, Lee FS, Mills JH, Dubno JR. Extended high-frequency thresholds in older adults. *J Speech Lang Hear Res* 1997;40(1):208-14.
- Farfán IDSG, Chávez AES, Torres EO, Verdin RADS. Estandarización de la Audiometría de altas frecuencias/ High frequency audiometry standardization. *An Otorrinolaringol Mex* 2001;46(3):107-9.
- Lipscomb DM, Cutts B. A proposed system of testing "extra-high" frequencies. *J Aud Res* 1971;11:360-1.