

A Média de 2 e 4 kHz prediz segurança o limiar de 3 kHz?

Does the average between 2 and 4 kHz predict the 3 kHz threshold?

Jorge Canha Dentinho • Ricardo São Pedro • Sofia Polainas • Sílvia Fidalgo Alves • Rosário Mendes • Luís Antunes

RESUMO

Objetivos: Este estudo pretende avaliar a correspondência entre a média dos limiares de 2 e 4 kHz (M2-4kHz) e o limiar aos 3 kHz.

Desenho de estudo: observacional, retrospectivo.

Material e Métodos: Duzentos indivíduos realizaram audiometria tonal simples na qual foram determinados, por rotina, os limiares de 2, 3 e 4 kHz. Realizou-se a correlação entre o limiar de 3 kHz e a M2-4kHz, gráficos de Bland-Altman e de dispersão e tabelas de dupla entrada que analisaram a diferença absoluta entre 3 kHz e M2-4kHz e a diferença absoluta entre 2 e 4 kHz.

Resultados: Foi encontrada uma relação forte e estatisticamente significativa entre 3 kHz e a M2-4kHz. Quando a diferença entre 2 e 4 kHz é superior a 15 dB, há um maior número de discrepâncias (> 10 dB) entre 3 kHz e M2-4kHz: 14.5% vs. 2.8%. A sensibilidade da M2-4 kHz substituir 3 KHz, para detetar diferenças interaurais maiores do que 15 dB é de 57%.

Conclusão: A nível populacional, a M2-4kHz pode substituir o limiar de 3 KHz. Individualmente, o limiar de 3 KHz deve ser determinado, sobretudo se existir surdez assimétrica ou se os limiares de 2 e 4 KHz forem significativamente diferentes.

Palavras-chave: 3 KHz; audiometria; limiar

ABSTRACT

Objectives: This study aimed to evaluate the relationship between the average of the 2 and 4 KHz thresholds (A2-4KHz) with the 3 KHz threshold.

Study design: observational, retrospective.

Material and Methods: Two-hundred individuals underwent pure tone audiometry tests in which 2, 3 and 4 KHz air conduction thresholds were routinely determined. Correlation between 3 KHz threshold and A2-4KHz was performed; Bland-Altman and dispersion graphs as well as double entry tables, which analyzed the difference between 3 KHz and A2-4KHz (absolute) and 2 and 4 KHz (absolute).

Results: We found strong and statistically significant correlation between 3 KHz and A2-4KHz. When the difference between 2 and 4 KHz was superior to 15dB, there was a greater number of discrepancies (>10 dB) between 3 KHz and A2-4KHz: 14.5% vs. 2.8%. The sensitivity of A2-4KHz to replace 3 KHz, to detect interaural differences greater than 15dB, was 57%.

Conclusion: On a population level, A2-4KHz can replace the 3 KHz pure-tone audiometric threshold. Individually, 3 KHz should be measured, especially in the presence of asymmetric hearing, or if 2 KHz is significantly different from 4 KHz.

Keywords: 3 kHz, audiometry; threshold

Abreviaturas

2kHz – limiar aos 2 kHz

3 KHz – limiar aos 3 kHz

4kHz – limiar aos 4 kHz

M2-4kHz – média dos limiares de 2 e 4 kHz

ABS(2-4kHz) – valor absoluto da diferença entre 2 e 4 kHz

INTRODUÇÃO

A audiometria tonal é o teste padrão de ouro do exame audiológico. O seu papel é determinar os limiares auditivos e avaliar se a função auditiva se encontra normal ou diminuída. Os limiares de audição por condução aérea são medidos para estímulos de tons puros na faixa de frequências entre 0.125 kHz a 8 kHz com o uso de auscultadores de ouvido. O limiar de 3 kHz pode ou não ser incluído na avaliação audiométrica. No panorama nacional, esta frequência está habitualmente omissa. Contudo, e em particular nos EUA, esta frequência é estudada e por vezes incluída na avaliação audiológica em estudos¹. A *American Speech and Hearing Association* recomenda testar limiares entre

Jorge Canha Dentinho

Hospital Garcia de Orta, Portugal

Ricardo São Pedro

Hospital Garcia de Orta, Portugal

Sofia Polainas

Hospital Garcia de Orta, Portugal

Sílvia Fidalgo Alves

Hospital Garcia de Orta, Portugal

Rosário Mendes

Hospital Garcia de Orta, Portugal

Luís Antunes

Hospital Garcia de Orta, Portugal

Correspondência:

Jorge Canha Dentinho

jorgedentinho@campus.ul.pt

Artigo recebido a 15 de Maio de 2020. Aceite para publicação a 8 de Abril de 2021.

oitavas quando estas diferem mais do que 20 dB². O valor de 3 kHz faz parte das frequências conversacionais e muitas vezes não é medido por rotina³. Existem estudos que atestam a importância de se determinar o seu valor, principalmente nos casos de surdez sensorineural assimétrica^{4,5}. Estes estudos referem que uma surdez sensorineural com assimetria superior a 15 dB aos 3 kHz deve implicar a realização de Ressonância Magnética. Pelo contrário, se a diferença interaural neste limiar for inferior a 15 dB deve-se realizar exames audiométricos bianuais, de forma a reduzir a taxa de exames imagiológicos negativos, com ganhos financeiros e de tempo^{4,5}. Avaliar a correspondência entre o limiar de 3 kHz e a média dos limiares de 2 e 4 kHz permitirá ainda atestar se é aceitável, na nossa população, usar a média para a comparação dos resultados entre estudos quando dados diretos sobre o limiar não estão disponíveis³. O objetivo deste estudo foi avaliar se existe uma correspondência entre o limiar de 3 kHz e a média dos limiares de 2 e 4 kHz, a nível populacional e a nível individual.

MATERIAL E MÉTODOS

Foi utilizada uma amostra de conveniência na qual foram realizados audiogramas tonais simples nos quais se incluía a frequência de 3 kHz, por rotina, realizados no ano de 2018, sempre pela mesma audiologista. Foram selecionados, aleatoriamente, 200 indivíduos, correspondendo a audiogramas realizados em 400 ouvidos.

Todos os exames foram realizados numa cabina insonorizada (T-Room-CA TEGNÉR), com um audiómetro Madsen Astera2 (Otometrics)[®] com auscultadores Seinheiser HDA 300[®].

Foram colhidos dados demográficos e os limiares da via aérea a 3 kHz, 2 kHz e 4 kHz. Foram ainda calculadas as médias de 2 kHz e 4 kHz, bem como também a sua diferença.

Os dados foram analisados com *software* estatístico SPSS 25 (IBM)[®]. Para análise dos dados demográficos foram analisadas as frequências de género, média e desvio padrão da idade. Determinou-se também a média dos limiares auditivos nas frequências estudadas. Realizou-se o teste-T de Student univariado da diferença entre o limiar de 3 KHz e a média de 2-4kHz de forma a verificar se o valor de 3 KHz diferia significativamente da média de 2 e 4 kHz.

De seguida, realizou-se a correlação ρ de Spearman entre os valores de 3 kHz e a M2-4kHz. Fez-se análise gráfica da correlação, tendo-se separado por código de cores conforme fosse superior ou inferior a 20dB a diferença entre os limiares a 2 KHz e a 4 KHz.

Realizou-se o gráfico de dispersão Bland-Altman, que permite analisar a concordância entre dois métodos de medição e a dispersão dos valores, para verificar a correspondência entre 3 KHz e a M2-4kHz, de acordo

com a metodologia proposta por estes autores.⁶ Fez-se a correlação de Spearman entre as variáveis ABS(2-4kHz) – M2-4kHz, com o respetivo gráfico de dispersão.

Realizaram-se 4 tabelas de dupla entrada com o valor absoluto da diferença entre 3 KHz e M2-4kHz e o valor absoluto da diferença entre o limiar 2 e 4 kHz. Considerou-se relevante uma diferença, em valor absoluto, de mais que 10 dB entre o esperado (M2-4kHz) e o obtido (3 KHz).

Foi usado o teste Chi-quadrado para obter os valores de significância para as tabelas de dupla entrada. Para facilidade de visualização e comparação dos dados, as tabelas foram condensadas numa só.

Para determinar a acuidade diagnóstica de M2-4kHz e para detetar diferenças interaurais superiores a 15 dB aos 3 KHz na surdez sensorineural, filtraram-se os dados de maneira a obter apenas os ouvidos sem gap aero-ósseo, tendo sido depois calculados valor preditivo positivo e negativo, sensibilidade e especificidade.

RESULTADOS

Descrição da amostra

Foram analisados 200 indivíduos e 400 ouvidos. Destes, 45,3% eram do género masculino, e tinham idades compreendidas entre os 5 e os 90 anos, com média de idades de 49.3 e desvio padrão de 25.55 anos. Em média, os limiares a 2 kHz foram de 33.8 dB, aos 3 kHz de 40.5 dB e aos 4 kHz de 43.5 dB, com média dos valores médios entre 2 e 4 kHz de 38.6 dB.

Testes para determinação das relações entre a média de 2 e 4 kHz e o limiar 3 kHz

No teste-T univariado da diferença entre 3 KHz e a M2-4kHz, a média foi de -1.8675 (IC 95% 1.2523-24827), desvio padrão 6.25812 ($p < 0.001$ $t = 5.968$). Isto significa o valor de que o limiar de 3 KHz é subestimado pela Média 2-4kHz, em média -1.8675 dB.

O limiar de 3 kHz estava fortemente relacionado com a média dos limiares 2 e 4 kHz (ρ de Spearman $r = 0.969$, $p < 0.001$). No gráfico de dispersão, verificou-se que a maior parte dos valores de 3 kHz estavam dentro da média 2-4kHz +/-10dB (gráfico 1). No entanto, existiam alguns valores fora deste intervalo, sendo que, na maioria deles, a diferença entre os limiares 2 KHz e 4 KHz era igual ou superior a 20 (a azul).

Realizou-se o gráfico de dispersão Bland-Altman (que permite analisar a concordância entre dois métodos de medição e a dispersão dos valores) 6 verificando-se que muitos valores de diferença estavam fora do intervalo de confiança 95%. Verifica-se assim uma dispersão alargada de valores e que a média não representa o limiar a nível individual (gráfico 2).

Variação da dispersão entre 3 KHz e M24kHz de acordo com a diferença entre 2 e 4 KHz

A hipótese de que o valor absoluto da diferença entre o limiar de 3 kHz e a média dos limiares 2 e 4 kHz [ABS (3 KHz-M2-4kHz)] estar diretamente relacionada com o

GRÁFICO 1

Correlação entre o limiar a 3 KHz e a média de 2 e 4 kHz

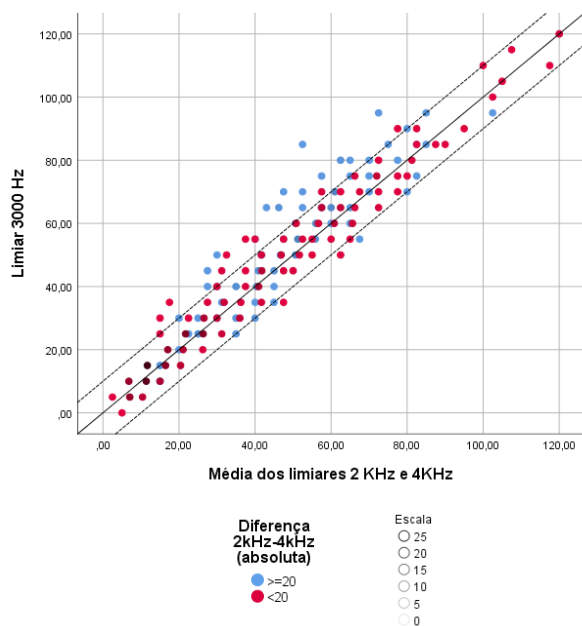
**GRÁFICO 2**

Gráfico de dispersão Bland-Altman

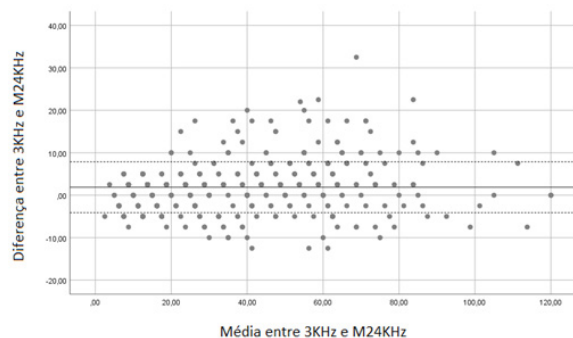
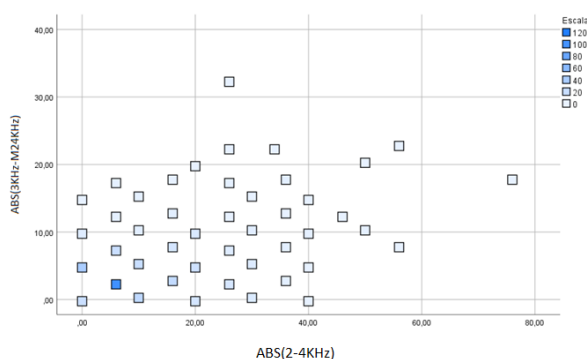
**GRÁFICO 3**

Gráfico de dispersão – diferença absoluta entre 2 e 4 KHz e diferença absoluta entre 3 KHz-M24KHz

**Legenda:**

ABS (3 KHz-M2-4KHz) - valor absoluto da diferença entre o limiar de 3000Hz e a média dos limiares 2 e 4 KHz
 ABS (2-4 KHz) - valor absoluto da diferença entre o valor limiares 2 e 4 KHz

valor absoluto da diferença entre o valor limiares 2 e 4 kHz foi confirmada. Verificou-se uma correlação fraca, mas significativa (ρ de Spearman 0.182 $p < 0.001$), desta correlação (gráfico 3). Esta discordância entre métodos de determinação do limiar de 3 kHz depende, assim, da diferença entre o limiar de 2 e 4 kHz.

Averiguou-se se existia uma diferença significativa abaixo e acima de vários pontos de corte, na percentagem de doentes com uma diferença relevante (>10 dB) entre o esperado (M2-4kHz) e o obtido (3 KHz) (Tabela 1).

Utilizando, por exemplo, como ponto de corte 10 dB de diferença absoluta entre 2 e 4 kHz verifica-se que:

- Abaixo, 2.6% dos ouvidos testados tinham diferença >10 dB.

- Igual ou acima, 11.7% dos ouvidos testados tinham diferença >10 dB.

Se o ponto de corte for 15 dB verifica-se que:

- Abaixo, 2,8% dos ouvidos testados tinham diferença >10 dB.

- Igual ou acima, 14,5% dos ouvidos testados tinham diferença >10 dB.

TABELA 1

Percentagem de ouvidos com diferença absoluta entre 3 KHz e M2-4KHz > 10 dB, de acordo com a diferença absoluta entre os limiares 2 e 4 KHz

ABS (2-4kHz)	ABS (3-M2-4) >10 (%)
Total (400)	7.2%
<5 (67)	1.5%
$>=5$ (333)	8.4% NS
<10 (194)	2.6%
$>=10$ (206)	11.7% ($p < 0.001$)
<15 (248)	2.8%
$>=15$ (152)	14.5% ($p < 0.001$)
<20 (290)	4,1%
$>=20$ (110)	15.5% ($p < 0.001$)

ABS (2-4kHz) - diferença absoluta entre os limiares 2 e 4 KHz

ABS (3-M2-4) >10 - diferença absoluta entre 3 KHz e M2-4KHz superior a 10 dB

Utilizado teste Chi-quadrado

Capacidade da média 2-4kHz detetar uma diferença interaural >15 dB aos 3 kHz

Para determinar a acuidade diagnóstica de M2-4kHz para detetar diferenças interaurais superiores a 15 dB aos 3 KHz, calculou-se a sensibilidade (56.82%), especificidade (97.44%), Valor Preditivo Positivo (89.29%) e Valor Preditivo Negativo (85.71%) (Tabela 2).

TABELA 2

Relação entre dois testes: medição do limiar 3 KHz e o teste alternativo M24KHz para detetar diferenças interaurais >15 dB

	Diferença interaural da do limiar 3000 Hz <15	Diferença interaural da do limiar 3000 Hz >15	Total
Diferença interaural da média 2-4 KHz <15	Verdadeiros negativos (VN): 114	Falsos negativos (FN): 19	133
Diferença interaural da média 2-4 KHz >15	Falsos positivos (FP): 3	Verdadeiros positivos (VP): 25	28
Total	117	44	161

DISCUSSÃO

O limiar de 3 kHz correlaciona-se fortemente com a média de 2 e 4 kHz. Assim, a nível populacional, essa média pode ser usada para substituir o limiar.

No entanto, a diferença entre ambos foi significativa, sendo que o valor de 3 kHz terá sido subestimado em cerca de 1.87 dB, em média. Num estudo de maiores dimensões, realizado na Coreia do Sul, a diferença também foi significativa, mas menos pronunciada (-0.38dB)⁷. Tal como nesse estudo, o valor médio de diferença não teve importância em termos práticos. Contudo, no gráfico de Brand-Altman verifica-se que a dispersão da diferença entre os dois testes é relativamente grande, o que significa que a nível individual não há correspondência satisfatória entre os dois testes. Isto pode ser explicado pelo facto dos mecanismos de agressão ao ouvido interno que afetam a cóclea na região de deteção dos 3 kHz, apesar de na maior parte serem mecanismos comuns devido à curta distância no tonotropismo destas frequências, poderem não ser os mesmos dos que afetam as outras duas frequências - apesar de na maior parte serem mecanismos comuns, o que é explicado pela muito curta distância do tonotropismo destas frequências.⁸

Quando a diferença entre 2 e 4 kHz é igual ou superior a 10 dB, em 11.7% dos ouvidos, a média de 2-4kHz não corresponde ao valor de 3 KHz +/- 10 dB. Quando é inferior a 10 dB, esta percentagem é de apenas 2.6% ($p < 0.001$). Quando a diferença absoluta entre 2 kHz-4 kHz é inferior a 15 dB, 2.8% dos doentes têm Lim3 KHz num valor fora do intervalo da Média 2-4kHz +/- 10 dB. Por outro lado, se aquela diferença for igual ou superior a 15dB, esta percentagem é significativamente maior, 14.5% ($p < 0,001$).

Assim, a correspondência entre o limiar a 3 KHz e a M2-4kHz é menor quando o intervalo entre os limiares de 2 e 4 kHz é maior. Segundo as normas da *American Speech and Hearing Association*³, é mandatório medir limiares entre 2 e 4 kHz quando estes diferem mais do que 20 dB entre si. Contudo, os nossos resultados suportam a medição do limiar de 3 kHz com diferenças de apenas 10 dB entre 2 e 4 kHz.

A média de 2 e 4 kHz tem uma sensibilidade de 56.8% para detetar diferenças interaurais de 15 dB ou mais

na frequência de 3 kHz. Isto significa que apenas 56.8% dos doentes com assimetria significativa no limiar de 3 kHz seriam detetados pela média de 2 e 4 kHz. Esta sensibilidade é baixa, não sendo assim um teste fiável para substituir o limiar de 3 kHz. Assim, não deve ser esta média utilizada em doentes com queixas de acufenos e/ou hipoacusia unilaterais ou assimétricas. A especificidade, por outro lado, é alta (97.4%). Não se encontraram outros estudos que tenham analisado a capacidade da média de 2 e 4 kHz substituir o limiar 3 kHz (ou seja, a sensibilidade, especificidade, valor preditivo negativo e positivo para este fim).

CONCLUSÃO

A nível populacional, existe uma correlação forte entre a média de 2 e 4 kHz e o limiar de 3 kHz, o que indica que esta média de 2-4kHz pode substituir o limiar 3 de kHz quando se pretende fazer comparações entre estudos. No entanto, a nível individual é importante medir o limiar nesta frequência, sobretudo na surdez assimétrica e quando a diferença entre 2 e 4 kHz é igual ou superior a 10 ou 15 dB. Assim, se houver falta de recursos ou de tempo que justifique não fazer 3 kHz por rotina sugere-se usar um ponto de corte de 10 dB de diferença absoluta entre as duas para decidir medir o limiar de 3 kHz. Este também deve ser determinado nos casos de surdez neurosensorial assimétrica, uma vez que a média de 2 e 4 kHz tem sensibilidade baixa (57%) para detetar diferenças interaurais superiores a 15 dB quando usada em substituição do limiar aos 3 KHz. Tendo em conta estudos prévios, na surdez assimétrica, uma diferença interaural no limiar aos 3 KHz maior que 15 dB é o valor mais representativo para considerar a realização de Ressonância Magnética com o objetivo de detetar schwannoma vestibular, o que torna ainda mais relevante a determinação deste limiar.

Conflito de Interesses

Os autores declaram que não têm qualquer conflito de interesse relativo a este artigo.

Confidencialidade dos dados

Os autores declaram que seguiram os protocolos do seu trabalho na publicação dos dados de pacientes.

Proteção de pessoas e animais

Os autores declaram que os procedimentos seguidos estão de acordo com os regulamentos estabelecidos pelos diretores da Comissão para Investigação Clínica e Ética e de acordo com a Declaração de Helsínquia da Associação Médica Mundial.

Política de privacidade, consentimento informado e Autorização do Comité de Ética

Este estudo foi autorizado pelo Comité de Ética do Hospital Garcia de Orta. Os autores declaram que tratando-se de um estudo observacional retrospectivo não foi possível recolher o consentimento. Assegura-se igualmente, que os resultados do estudo não têm nenhuma interferência direta nas decisões clínicas para os doentes cujos dados foram recolhidos. Os dados foram anonimizados.

Financiamento

Este trabalho não recebeu qualquer contribuição, financiamento ou bolsa de estudos.

Disponibilidade dos Dados científicos

Não existem conjuntos de dados disponíveis publicamente relacionados com este trabalho.

Referências bibliográficas

- 1 - Aazh H, Moore BCJ. Incidence of Discomfort During Pure-Tone Audiometry and Measurement of Uncomfortable Loudness Levels Among People Seeking Help for Tinnitus and/or Hyperacusis. *Am J Audiol*. 2017 Sep 18;26(3):226-232. doi: 10.1044/2017_AJA-17-0011.
- 2 - ASHA. Guidelines for manual pure-tone threshold audiometry. *ASHA*. 1978 Apr;20(4):297-301.
- 3 - Monsell EM. New and revised reporting guidelines from the Committee on Hearing and Equilibrium. American Academy of Otolaryngology-Head and Neck Surgery Foundation, Inc. *Otolaryngol Head Neck Surg*. 1995 Sep;113(3):176-8. doi: 10.1016/S0194-5998(95)70100-1.
- 4 - Saliba I, Bergeron M, Martineau G, Chagnon M. Rule 3,000: a more reliable precursor to perceive vestibular schwannoma on MRI in screened asymmetric sensorineural hearing loss. *Eur Arch Otorhinolaryngol*. 2011 Feb;268(2):207-12. doi: 10.1007/s00405-010-1378-9.
- 5 - Saliba I, Martineau G, Chagnon M. Asymmetric Hearing Loss: Rule 3,000 for Screening Vestibular Schwannoma, *Otol Neurotol*. 2009 Jun;30(4):515-21. doi: 10.1097/MAO.0b013e3181a5297a.
- 6 - Bland JM, Altman DG. Applying the right statistics: analyses of measurement studies. *Ultrasound Obstet Gynecol*. 2003 Jul;22(1):85-93. doi: 10.1002/uog.122.
- 7 - Kim JY, Byun SW, Shin SH, Chun MS. Can an average of thresholds at 2 kHz and 4 kHz substitute for the threshold at 3 kHz in pure tone audiometry? A study based on the Korean National Health and Nutrition Examination Survey 2010–2012. *PLoS One*. 2018 Aug 7;13(8):e0201867. doi: 10.1371/journal.pone.0201867.
- 8 - Halpin C, Rauch SD. Clinical implications of a damaged cochlea: pure tone thresholds vs information-carrying capacity. *Otolaryngol Head Neck Surg*. 2009 Apr;140(4):473-6. doi: 10.1016/j.otohns.2008.12.021.