

Acoustic Radiation Effects On Bone Conduction Threshold Measurement

Efeitos da radiação acústica na obtenção dos limiares ósseos

Renata das Mercês Bastos de Matos ¹, Sylvania de Paula Valle ², Anna Marcella Neves Dias ³, Teresa Maria Momensohn dos Santos ⁴, Isabel Cristina Gonçalves Leite ⁵

Keywords:

radiation,
audiometry,
pure-tone,
bone conduction.

Abstract

Acoustic radiation is the sound energy escape from a bone vibrator that may be detected by air conduction mechanisms. The presence of acoustic radiation may result in an unreal bone conduction threshold, promoting an unreal air/bone gap in the high frequencies. **Aim:** aim to analyze the acoustic radiation effect on the extension of air/bone gap at 2,000, 3,000 and 4,000 Hz. **Materials and Method:** our clinical and experimental study had a sample of 101 individuals, who matched inclusion criteria: to have an air/bone gap higher than 10 dB in the frequencies of 2,000; 3,000 and 4,000 Hz. All of them had their bone conduction threshold measured in two conditions: open ear canal and closed ear canal. **Results:** we found that major differences between the two conditions evaluated occurred at the 4,000 Hz; data analysis showed significant difference in the extension for the air/bone gap; analysis of the number of cases of mixed hearing loss that changed to sensorineural was significant too. **Conclusion:** These studies concluded that when the MAE is occluded, the acoustic radiation phenomenon is controlled or avoided, enabling bone measures at the frequencies of 3,000 and 4,000Hz to be more accurate.

Palavras-chave:

acústica,
audiometria de
tons puros,
condução óssea,
radiação.

Resumo

Radiação acústica é uma fuga da energia sonora do vibrador ósseo que pode ser detectada pela via aérea. A presença da radiação acústica poderia resultar em um limiar ósseo falso, um gap aéreo-ósseo irreal, nas frequências altas. Esse achado poderia ocorrer em pacientes sem comprometimento de orelha média e com história de doença de orelha interna, onde esse gap não é esperado. **Objetivo:** Verificar os efeitos da radiação acústica no tamanho do gap aéreo-ósseo nas frequências de 2.000, 3.000 e 4.000 Hz. **Material e Método:** Realizou-se estudo clínico e experimental em 101 indivíduos, com presença de gap aéreo-ósseo maior que 10 dB nas frequências de 2.000, 3.000 e/ou 4.000 Hz. Em todos participantes o limiar ósseo foi obtido nas condições: MAE aberto e fechado. **Resultados:** Constatou-se que o gap aéreo/ósseo que mais sofreu mudança foi da frequência 4.000 Hz. Houve diferença significativa na frequência de mudança de status (misto x neurossensorial); na presença e ausência de diferenças entre via óssea fechada e aberta. **Conclusão:** Este estudo comprovou que quando o MAE é ocluído, o fenômeno da radiação acústica é controlado ou evitado, permitindo que as medidas ósseas para as frequências de 3.000 e 4.000 Hz sejam mais precisas.

¹ Especialização, audiologista.

² Graduada em Fonoaudiologia pela UNIPAC-JF, Fonoaudióloga.

³ Mestre em Fonoaudiologia pela Pontifícia Universidade Católica de São Paulo - PUCSP, Professora dos Cursos de Biomedicina e Medicina Veterinária Audiologista na Clínica de Otorrinolaringologia de Juiz de Fora.

⁴ Doutora em Distúrbios da Comunicação Humana pela UNIFESP/SP, Professora Titular do Departamento de Clínica Fonoaudiológica da PUCSP Diretora do IEAA.

⁵ Doutora em Saúde Pública, Professora Adjunta da Faculdade de Medicina da UFJF.

Este artigo foi submetido no SGP (Sistema de Gestão de Publicações) da BJORL em 8 de novembro de 2009. cod. 6774

Artigo aceito em 15 de dezembro de 2009.

INTRODUÇÃO

O fonoaudiólogo é um dos profissionais que estuda a audição, seus mecanismos, a forma como o sistema auditivo processa os sons e também os procedimentos que permitem avaliar seus transtornos. O exame audiométrico, ou audiometria tonal limiar, é considerado o exame mais básico da bateria da avaliação audiológica. A partir das medidas dos limiares de audibilidade obtidos na via aérea e na via óssea pode-se estabelecer o primeiro topodiagnóstico na audiologia. É necessário, portanto, que o examinador controle ao máximo as possibilidades de artefatos e/ou erros que possam comprometer a precisão e confiabilidade dessas medidas. Cabe ao examinador conhecer as estratégias que o auxiliarão na obtenção desses resultados.

A literatura sobre a medida da via óssea apresenta estudos em relação: aos limites técnicos do vibrador ósseo; à pressão e colocação do vibrador sobre a mastoide; uso do mascaramento; influência das doenças da orelha média e sobre os fenômenos do efeito de oclusão e de radiação acústica. A prática na área da audiologia clínica nos faz questionar até que ponto o resultado da avaliação da via óssea de um sujeito é verdadeira ou se é produto da interferência de atos ou fatos que ocorrem durante a audiometria.¹

Uma preocupação clínica relativa à audiometria por via óssea é o efeito da radiação da energia acústica emitida pelo vibrador ósseo para o meato acústico externo. Este sinal, agora transmitido pela via aérea, pode ser suficientemente intenso para servir como uma pista adicional aos pacientes quando respondem aos estímulos apresentados na via óssea. Os limiares ósseos deste paciente podem ser deturpados, apresentando-se melhores do que são na realidade. Este achado produziria gaps aéreo-ósseos inválidos especialmente nas frequências altas. A interpretação desse exame audiométrico também seria comprometida.²

A possibilidade de escutar os estímulos acústicos radiados pelo vibrador ósseo, também pela via aérea, devido à transmissão de sua energia para dentro do meato acústico externo, foi levantada por diversos autores.³⁻⁷

Um indivíduo com audição normal escuta por meio da radiação acústica de um vibrador ósseo em um nível subjetivamente mais intenso que a energia produzida pelo vibrador. Quando esse fenômeno acontece, a medida da via óssea irá parecer melhor que o esperado e um falso gap acústico será registrado. O tamanho deste gap corresponderá à quantidade de radiação acústica presente.⁵

Em um estudo foi medida a radiação acústica em diferentes frequências e em diferentes vibradores ósseos (Radioear B-71, B-72, e B-70A BC) em uma mastoide artificial. Bell et al. (1980), Shipton et al. (1980), e Frank e Holmes (1981) mediram a radiação acústica na entrada do meato acústico externo (MAE) humano utilizando vibra-

dores ósseos da RadioEar posicionados sobre a mastoide. Todos esses estudos mostraram que o máximo de radiação acústica ocorria em 4000 Hz especialmente quando se usavam os vibradores ósseos da RadioEar, modelos B-71 e B-72.^{8,9}

O nível de pressão sonora (NPS) foi medido no MAE para as frequências de 2000 e 4000 Hz, em 50 indivíduos. O vibrador ósseo (Modelo B-71 da RadioEar) foi posicionado na mastoide e na frente. Um microfone-sonda foi colocado no MAE contra lateral à mastoide estimulada. Constataram a presença de gaps aéreo-ósseos clinicamente significantes (maiores que 10 dB) devido à radiação acústica e que esta era mais evidente na frequência de 4000 Hz.²

Em recente estudo foi observada a influência do plug auricular na medida dos limiares ósseos de 2000, 3000 e 4000 Hz com o vibrador ósseo RADIOEAR B-71. Estabeleceu-se o limiar ósseo em 36 orelhas nas condições MAE aberto e MAE ocluído (usou plug auricular). Este estudo comprovou o fenômeno da radiação acústica nas frequências de 2, 3 e 4 kHz quando a via óssea foi avaliada, principalmente em 3 kHz, em 70% dos casos.¹⁰

Investigou-se o efeito da radiação acústica em 148 sujeitos portadores de perda auditiva do tipo mista (faixa etária média de 44,7 anos) por meio da audiometria tonal aérea e óssea. Os limiares por via óssea, para as frequências de 2.000, 3.000 e 4.000 Hz, foram obtidos em duas condições diferentes: MAE aberto e MAE fechado (o próprio paciente fechava o trago com o dedo indicador). As autoras observaram que na segunda condição, o gap aéreo/ósseo mudou em muitos dos sujeitos, o que alterou a interpretação dos resultados do tipo misto para neurosensorial.¹¹

Ao encontrar gap aéreo-ósseo maior que 10 dB, em pacientes com história de doença de orelha interna, é importante refazer a medida ocluindo-se o MAE. Ao atuar na saúde ocupacional as autoras têm encontrado muitos exames audiométricos com gap aéreo/ósseo maior que 10 dB nas frequências de 3.000 e 4.000 Hz. Como justificar esse gap em um Quadro cuja causa costuma gerar uma perda auditiva neurosensorial? Como interpretar esse resultado?¹²

O objetivo desta pesquisa foi avaliar os efeitos da radiação acústica sobre o tamanho do gap aéreo-ósseo nas frequências de 2.000, 3.000 e 4.000 Hz.

MATERIAL E MÉTODO

Este estudo foi de caráter exploratório, descritivo e teve como objetivo verificar a interferência da radiação acústica na audiometria do limiar tonal por via óssea para as frequências de 2.000, 3.000 e 4.000 Hz.

A coleta de dados foi realizada em uma clínica, em Juiz de Fora - MG, no período de janeiro a fevereiro de 2009, após aprovação do comitê de ética em pesquisa (SISNEP nº 112/ 08). Todos os participantes assinaram o

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (Anexo A) para que pudessem participar da pesquisa.

A amostra foi composta por 101 indivíduos, sendo 11 orelhas do gênero feminino e 130 orelhas do gênero masculino, com idade entre 20 e 70 anos (média de 44,7 anos, DP 12,3 anos). Foram selecionados os participantes que atenderam ao seguinte critério de inclusão: ausência de obstrução ou corpo estranho no meato acústico externo, presença de gap aéreo-ósseo maior que 10 dB nas frequências de 2.000, 3.000 e/ou 4.000 Hz. Foram excluídos os indivíduos que não apresentaram respostas na via aérea nas frequências de 2.000, 3.000 e 4.000 Hz e orelhas normais.

Todos os participantes foram submetidos a: anamnese, inspeção do meato acústico externo, audiometria tonal limiar por via aérea com fones supra-aurais, audiometria tonal limiar por via óssea com vibrador ósseo RadioEar B-71. Foi utilizado o audiômetro clínico AMPLAID A137 calibrados segundo os padrões ISO R 389/ANSI S 3.6-1996/ ISO 7566/ ANSI S 3.43-1992. Todos os exames foram realizados em cabina acústica.

Todos os participantes que apresentaram gap entre os limiares da via aérea e da via óssea nas frequências de 2.000, 3.000 e 4.000 Hz, tiveram os limiares de via óssea reavaliados com a oclusão do meato acústico externo da orelha sob teste com o dedo indicador do próprio paciente.

Os dados coletados foram armazenados no programa Excel 2007® Microsoft, em uma Tabela contendo: gênero, idade, limiar de via aérea para as frequências 250, 500, 1.000, 2.000, 3.000, 4.000, 6.000, 8.000 Hz de ambas as orelhas; limiar por via óssea para as frequências de 500, 1.000, 2.000, 3.000, 4.000 Hz de ambas as orelhas, na condição MAE aberto e limiar por via óssea para as frequências de 2.000, 3.000, 4.000 Hz de ambas as orelhas, na condição MAE ocluído.

Quadro 1. Distribuição dos dados obtidos à análise das mudanças dos valores de gap aéreo-ósseo nas condições Meato Acústico Externo Aberto X Meato Acústico Externo Fechado, para a amostra de 141 orelhas, na frequência de 2000 Hz.

		GAP 2000 Hz MAE Fechado								
	dB NA	0	5	10	15	20	25	30	40	Total
	0	103								103
	5	2	13							15
	10		1	5						6
	15				3					3
GAP2000 Hz MAE Aberto	20					6				6
	25						4			4
	30						1	1		2
	40							1	1	2
	Total	105	14	5	3	6	5	2	1	141

MÉTODO ESTATÍSTICO

Os dados coletados foram submetidos à análise estatística descritiva, com valores de média, desvio-padrão, mediana, mínimo e máximo, e também à análise das diferenças entre as duas condições avaliadas - MAE aberta x MAE ocluído, para a determinação do grau de significância. Para comparação das frequências entre grupos foi utilizado o teste qui-quadrado (c2) com nível de significância de 5%. Foi utilizado o programa SPSS 8.0.

RESULTADOS

A Tabela 1 apresenta a análise descritiva dos valores de gap encontrados nas duas condições de exame (Meato Acústico Externo Aberto X Meato Acústico Externo Aberto fechado), para as frequências avaliadas (2000, 3000 e 4000 Hz).

Nos Quadros 1, 2 e 3 é possível observar os resultados da tabulação cruzada entre o número de orelhas cujo gap aéreo-ósseo mudou entre a condição MAE aberto e MAE fechado.

Tabela 1. Análise descritiva dos valores (dB) de gap aéreo/ósseo encontrados na população estudada (n=141 orelhas).

		Média dB	DP dB	Mediana dB
2000 Hz	MAE aberto	13,4	12,7	10
	MAE fechado	13,7	12,9	10
3000 Hz	MAE aberto	23	14,6	25
	MAE fechado	24,8	14,9	25
4000 Hz	MAE aberto	26,4	13,5	25
	MAE fechado	33,3	14,9	35

Legenda: MAE - Meato Acústico Externo

Quadro 2. Distribuição dos dados obtidos à análise das mudanças dos valores de gap aéreo-ósseo nas condições Meato Acústico Externo Aberto X Meato Acústico Externo Fechado, para a amostra de 141 orelhas, na frequência de 3.000 Hz.

		GAP 3000 Hz MAE Fechado											Total
gap CA/CO dB NA		0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	55	
GAP3000 Hz MAE Aberto	0	27											27
	5	14	14										28
	10	6	9	18									33
	15	4		3	9								16
	20				1	11							12
	25						9						9
	30							1					1
	35								5				5
	40									8			8
	50										1		1
	55											1	1
	Total		51	23	21	10	11	9	1	5	8	1	1

Quadro 3. Distribuição dos dados obtidos à análise das mudanças dos valores de gap aéreo-ósseo nas condições Meato Acústico Externo Aberto X Meato Acústico Externo Fechado, para a amostra de 141 orelhas, na frequência de 4000 Hz.

		GAP 4000 Hz MAE Fechado									Total
		0	5	10	15	20	25	30	35	40	
GAP 4000Hz MAE Aberto	0	3									3
	5	6	7								13
	10	17	7	5							29
	15	16	5	4	5						30
	20	8	6	3	8	10					35
	25		1	2	1	2	4				10
	30						2	7			9
	35						1	1	3		5
	40								1	5	6
	45								1		1
Total		50	26	14	14	12	7	8	5	5	141

Quadro 1. Observa-se que em 2000 Hz não houve mudança nos valores de gap aéreo-ósseo nas orelhas estudadas.

Quadro 2. Na frequência de 3.000 Hz foi possível observar que com a mudança nos valores de gap aéreo-ósseo, 7 orelhas cujos exames haviam sido interpretados como do tipo misto passaram a ser interpretadas como perdas auditivas do tipo neurosensorial.

Quadro 3. Na frequência de 4000 Hz, o número de orelhas que muda de classificação quanto ao tipo de perda auditiva foi de 45, ou seja, em 45 indivíduos, o exame audiométrico tinha sido interpretado como misto, quando na verdade esses indivíduos apresentavam problema do tipo neurosensorial.

Constatou-se diferença significativa na frequência de mudança de status (misto x neurosensorial) para o fenômeno da radiação acústica ($p < 0,001$), contudo não houve diferença com relação a idade (< 45 ou ≥ 45 anos) tanto para a orelha direita ($p = 0,61$) quanto para a orelha esquerda ($p = 0,47$).

Também foi detectada diferença estatisticamente significativa entre presença e ausência de diferenças entre via óssea fechada e aberta e as frequências em que ocorreu a radiação acústica ($p < 0,001$).

DISCUSSÃO

Com relação à comparação por via óssea dos resul-

tados com MAE aberto e ocluído na frequência de 2.000 Hz, não houve diferença estatisticamente significativa (Tabela 1). Este resultado diferiu dos de Cili (2008) e dos de Momensohn-Santos et al. (2008), que encontraram diferença, mostrando que houve piora do limiar por via óssea. Entretanto, houve diferença estatisticamente significativa nas frequências de 3.000 e 4.000 Hz, tal como ocorreu nos estudos de Cili (2008), Momensohn-Santos et al. (2008). Estes achados confirmam a presença da radiação acústica nas frequências altas tal como sugerido nos trabalhos de Dirks e Malmquist, (1969); Tonndorf (1972); Lightfoot (1979), Bell et al. (1980), Shipton et al. (1980), Frank e Holmes (1981) e Silman e Silverman (1991).

Os achados apresentados nos Quadros 1, 2 e 3 mostram que, com a oclusão do meato acústico externo, é possível evitar o fenômeno de radiação acústica, pois houve uma piora no limiar ósseo quando o MAE era ocluído. Estes achados comprovam que a fuga da energia do vibrador ósseo não podia atingir a cóclea, pois o MAE estava bloqueado, tal como sugerido por Silman e Silverman (1997).

Com esse procedimento, foi possível identificar diversos exames que poderiam ser interpretados como misto eram, na verdade, neurossensoriais.

Silman e Silverman (1997) comentaram que dentre os fatores que mais produzem artefatos nos resultados da avaliação da via óssea estão o efeito da radiação acústica.

CONCLUSÃO

Os achados deste estudo comprovaram que quando o MAE é ocluído o fenômeno da radiação acústica é controlado ou evitado, permitindo que as medidas da via óssea para as frequências de 3000 e 4000 Hz sejam mais precisas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Ribas A, Costa T. Manual de orientação ao fonoaudiólogo que atua na área de audiologia; Bauru: Conselho Federal de Fonoaudiologia. Disponível em: http://www.fonosp.org.br/publicar/arquivos/manual_eia_2004.doc.
2. Harkrider,AW; Martin,FN. Quantifying Air-Conducted Acoustic Radiation from the Bone-Conduction Vibrator. *J Am Acad Audiol.* 1998; 9: 410-6
3. Bell I, Goodsell S, Thornton,ARD. Bone conduction artefacts. *Br J Audiol.* 1980. 14:73-5.
4. Dirks DD, Malmquist CM.. Comparison of frontal and mastoid bone-conduction thresholds in various conductive lesions. *J Speech Hear Res.* 1969; 12:725-46
5. Tonndorf J. Bone conduction. In: Tobias JV, ed. *Foundations of Modern Auditory Theory.* New York: Academic Press; 1972.p.195-237.
6. Lightfoot, GR. Air-Borne Radiation From Bone Conduction Transducers. *Br J Audiol.* 1979; 13: 53-6.
7. Frank T, Holmes A. Acoustic radiation from bone conduction vibrators. *Ear Hear.* 1981; 2:59-63.
8. Silman S, Silverman CA. *Auditory Diagnosis.* San Diego: Academic Press. (1991)
9. Frank T, Richards WD. (1979) Acoustic Radiation from Bone Conduction Vibrators. Poster session presented at the annual meeting for the American Speech-Language and Hearing Association, Atlanta, GA. As cited from Frank T, Holmes A. Acoustic radiation from bone conduction vibrators. *Ear Hear.* 1981; 2:59-63.
10. Shipton MS, John AJ, Robinson DW. Air-radiated sound from bone vibrator transducers and its implications for bone conduction audiometry. *Br J Audiol.* 1980;14:86-99.
11. Cili, T.F. Medida da condução óssea em sujeitos ouvintes normais: radiação acústica e posicionamento do Vibrador ósseo. PUC SP [Mestrado em Fonoaudiologia], 2008.
12. Momensohn-Santos TM, Bastos R, Cili, T.. Radiação acústica: Efeitos nas perdas auditivas com gap aéreo-ósseo. In: 23º Encontro Internacional de Audiologia; 2008, mar 12-15; Itajaí (SC): Academia Brasileira de Audiologia; 2008.
13. Silman, S.; Silverman, C.A. - *Auditory Diagnosis: Principles and Applications,* San Diego, 2nd.ed.Singular Publishing Group, Inc; 1997. p.10-70.