

Real ear unaided gain and its relation with the equivalent volume of the external and middle ear

Ressonância natural da orelha e sua relação com os volumes equivalentes das orelhas externa e média

Bárbara Guimarães Bastos¹, Deborah Viviane Ferrari², Wanderléia Quinhoneiro Blasc³.

1) Mestre em Ciências FOB-USP. Fonoaudióloga Audicare.

2) Doutora em Neurociências e Comportamento - Instituto de Psicologia da USP. Professora Doutora do Departamento de Fonoaudiologia da Faculdade de Odontologia de Bauru - Universidade de São Paulo. Professora Doutora do Departamento de Fonoaudiologia da Faculdade de Odontologia de Bauru - Universidade de São Paulo.

3) Doutora em Ciências - Distúrbios da Comunicação, HRAC. Professora Doutora do Departamento de Fonoaudiologia da Faculdade de Odontologia de Bauru - Universidade de São Paulo. Professora Doutora do Departamento de Fonoaudiologia da Faculdade de Odontologia de Bauru - Universidade de São Paulo.

Instituição: Faculdade de Odontologia de Bauru da Universidade de São Paulo.
Bauru / SP - Brasil.

Endereço para correspondência: Bárbara Guimarães Bastos - Rua Maximiliano Robespierre, 52 - Vila Zezé - Jacareí - São Paulo - SP - CEP: 12310-700 - E-mail: barbarabastos@gmail.com

Artigo recebido em 17 de fevereiro de 2012. Artigo aprovado em 22 de maio de 2012.

RESUMO

Introdução: Modificações decorrentes da senilidade podem alterar as características do sistema de transmissão da orelha média bem como a ressonância da orelha externa, trazendo implicações para o processo de verificação do aparelho de amplificação sonora individual (AASI), quando utilizados targets e medidas do ganho de inserção (REIG).

Objetivo: Comparar o ganho da orelha externa (REUG) e os volumes da orelha externa (VeqOE) e média (VeqOM) em idosos e adultos.

Método: Estudo retrospectivo. Foram analisados dados de prontuário de 28 idosos (idade entre 61 e 102 anos, média limiars auditivos entre 38,75 a 85 dBNA) e 23 adultos (idades entre 20 e 59 anos, média limiars auditivos entre 31,25 a 116,25 dBNA) com perda auditiva neurossensorial bilateral e sem histórico de alteração de orelha média. Resultados da imitanciometria (VeqOE, VeqOM e pressão do pico de máxima complacência) e REUG (frequência e amplitude do pico primário) foram recuperados, totalizando 40 orelhas analisadas. Foram comparados tais dados entre adultos e idosos bem como entre homens e mulheres, por meio do teste “t” de Student. Foram verificadas correlações (Pearson) entre os dados da imitanciometria e da REUG.

Resultados: Não houve diferença estatisticamente significativa ($p < 0,01$) dos dados da imitanciometria e das medidas do REUG entre adultos e idosos ou entre homens e mulheres. Houve correlação negativa, fraca, porém significativa entre o VeqOE e a frequência do pico primário da REUG.

Conclusão: Os dados obtidos indicam que a verificação do AASI pode ser realizada com targets e medidas do REIG na população de idosos.

Palavras-chave: audiolgia, testes de impedância acústica, orelha externa, orelha média, idoso.

INTRODUÇÃO

A orelha externa é formada pelo pavilhão auricular e pelo conduto auditivo externo (CAE) e possui um importante papel na transformação dos sinais acústicos de um campo livre para a membrana timpânica. A função de transferência entre o campo livre e membrana timpânica ou, simplesmente, a “ressonância da orelha externa” deriva da contribuição de diferentes estruturas, descritas no estudo clássico de 1974 (1):

- Frequências abaixo de 1000 Hz: sofrem efeitos principalmente do torso, pescoço e cabeça, com magnitude de, no máximo, 5 dB.
- Frequências entre 1000 e 3000 Hz: contribuição predominante do conduto auditivo externo. O CAE é essencialmente um tubo que possui uma extremidade aberta

(área da concha) e outra fechada pela membrana timpânica. O CAE se comporta como um ressonador de um quarto de onda, sendo a frequência de ressonância (F) dada pela fórmula $F = v/4L$, onde “v” é a velocidade de som e “L” é o comprimento do conduto auditivo externo (2). Em adultos, a ressonância do CAE ocorre na região de 2700 Hz a 3000 Hz, com amplitudes entre 10 a 20 dB (3,4,5).

- Frequências entre 3000 e 7000 Hz: contribuição predominante da concha (região entre 5 a 6000 Hz, magnitude de aproximadamente 10 dB) e pavilhão auricular (região de 4000 Hz, magnitude aproximada de 3 dB).

A resposta de ressonância da orelha externa (*real ear unaided response* – REUR) pode ser mensurada objetivamente. Em essência, um microfone sonda posicionado em um ponto específico do conduto auditivo externo, não

ocluído, mede o nível de pressão sonora absoluto, gerado frente a um determinado sinal de entrada, apresentado em campo livre. Ao subtrair o nível de apresentação do sinal de entrada da REUR é possível obter a amplificação natural ou ganho da orelha externa – REUG (6).

O REUG típico de um adulto apresenta pouca ou nenhuma amplificação na região de frequência abaixo de 1500 Hz, presença de um pico primário de amplificação, dado pela ressonância do CAE, ao redor de 2600 a 3000 Hz e um pico secundário entre 4000 e 5000 Hz, dados pelas propriedades da concha (3).

A medida da ressonância ou do ganho da orelha externa serve como base para a obtenção do ganho de inserção (REIG), que expressa a real quantidade de amplificação fornecida pela prótese auditiva no conduto auditivo do usuário. O REIG é dado pela diferença entre a resposta ou ganho obtidos com a prótese posicionada ligada e posicionada na orelha (*real ear aided response* - REAR ou *real ear aided gain* - REAG) e a resposta de ressonância ou ganho da orelha externa (REUR / REUG). Em outras palavras: REIG = REAR – REUR ou REIG = REAG – REUG.

Os valores do REIG são comparados aos “alvos” (*targets*) de prescrição, pré-estabelecidos, gerados por fórmulas matemáticas, de modo a determinar se as necessidades eletroacústicas para um determinado indivíduo com perda auditiva estão sendo contempladas (7). Se o usuário possui uma REUR ou REUG atípico, esta será incorporada no cálculo do REIG, não sendo isto necessariamente desejável. Nestes casos é preferível que a verificação seja baseada em medidas da REAR (8).

Dentre outras interferências, as condições anátomo-fisiológicas das orelhas externa e média afetam a REUR/REUG. Com o envelhecimento observam-se algumas modificações na orelha externa como a perda da elasticidade, diminuição da camada de gordura, aumento da fragilidade da pele, colabamento do conduto com diminuição do seu volume, aumento da produção de cerúmen, aumento do crescimento de pelos no conduto e aumento do pavilhão auricular (5,9). Na orelha média é possível

observar a redução da elasticidade do tecido muscular e retração da membrana timpânica, alterações artríticas nas articulações entre os ossículos, atrofia e degeneração das fibras dos músculos e ligamentos ossiculares e declínio da função muscular que controla a abertura da tuba auditiva (4,9,10). Inclusive, algumas mudanças relacionadas à sensibilidade auditiva em idosos podem ser atribuídas às mudanças desenvolvidas nas características mecânicas da orelha média e externa. A impedância acústica e os volumes equivalentes da orelha externa e média podem ser verificados por meio da imitanciometria (11).

Dado o fato de que indivíduos idosos apresentam alterações na orelha externa e média que podem afetar a REUG, este estudo teve como objetivo verificar a relação entre a ressonância natural da orelha e os volumes da orelha externa e média em idosos.

MÉTODO

Estudo retrospectivo, aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Odontologia de Bauru – USP (protocolo 33/2007). Os prontuários de pacientes regularmente matriculados na Clínica de Fonoaudiologia da FOB/USP, atendidos no período de fevereiro a julho de 2009 foram avaliados.

Os critérios para inclusão foram: faixa etária entre 18 e 59 anos (adultos) ou superior a 60 anos (idosos), apresentar perda auditiva do tipo neurosensorial, não apresentar alterações de orelha externa ou média no exame otorrinolaringológico, apresentar dados de imitanciometria, apresentar dados completos das medidas do ganho da orelha externa (REUG) realizada no equipamento Aurical (Madsen) por fonoaudiólogos com experiência no procedimento.

Os dados de 51 indivíduos que obedeciam a tais critérios de seleção foram coletados dos prontuários, sendo formados dois grupos (adultos e idosos), conforme consta na Tabela 1. A análise foi realizada por orelhas, sendo incluídas apenas aquelas que não possuíam altera-

Tabela 1. Dados demográficos e audiométricos dos participantes.

	Idade (anos)	Sexo		Orelhas incluídas na análise	Média limiares 500, 1k, 2k e 4k Hz (dB NA)
		Feminino	Masculino		
Idosos (n=28)	61 a 102 (média=77,5 DP= 7)	19	9	40	38,75 a 73,75 (média=50,5 DP=9,1)
Adultos (n=23)	20 a 59 (média=46,9 DP= 10)	8	15	40	31,25 a 116,25 (média=56,6 DP= 23,4)

Legenda: DP desvio padrão.

ções frente ao exame otorrinolaringológico (otoscopia normal).

Os equipamentos utilizados para realização da imitanciometria foram o AZ7 (Interacoustics), SD30 (Siemens), GSI (TympStar) e Zodiac (Madsen). Em todas os casos foi utilizado tom de sonda de 226Hz com intensidade de 85dB NPS. A pressão foi variada de positiva para negativa (+200 a -200 daPa) para obtenção do traçado da curva timpanométrica.

O volume equivalente da orelha externa (VeqOE) foi obtido quando inserido no CAE pressão igual a +200 daPa. Nesta pressão a impedância da orelha média e membrana timpânica é extremamente alta e a admitância acústica é virtualmente zero. Deste modo a imitância é medida apenas pela coluna de ar no CAE entre a ponta da sonda / oliva e a membrana timpânica, se esta última estiver intacta (12).

O volume equivalente da orelha média (VeqOM) é definido como o valor de admitância acústica na superfície lateral da membrana timpânica em referência à pressão do pico do timpanograma (12). O VeqOM foi obtido a partir da subtração do VeqOE do volume registrado no ponto de máxima complacência. Também foi registrado o valor de pressão onde a máxima complacência ocorreu, quando as medidas foram realizadas no equipamento AZ7 (Interacoustics).

As medidas do ganho da orelha externa (REUG) foram realizadas com o equipamento Aurical (Madsen) em uma sala com tratamento acústico. Como protocolo da Clínica de Fonoaudiologia, o tubo sonda é posicionado no CAE pela utilização do método geométrico, que tem como base o comprimento do molde auricular. Desta forma, a ponta do tubo sonda fica posicionada 3 mm após a ponta do molde e até 5 mm de distância da membrana timpânica, para evitar as ondas estacionárias e assegurar que os componentes de alta frequência sejam medidos acuradamente (13).

Todas as medições foram realizadas com a caixa acústica posicionada em 0°azimute e aproximadamente a 50 cm de distância do indivíduo. O estímulo utilizado foi *speech noise* apresentado na intensidade de 65 dB NPS. A equalização do campo sonoro foi realizada concomitantemente à medição e o microfone de referência do equipamento, utilizado ao nível da orelha do indivíduo, controlou a saída do alto-falante de forma a manter o nível de pressão sonora o mais estável possível não sendo influenciado por pequenas modificações na posição da cabeça e tronco durante as medições.

O equipamento realiza automaticamente a subtração do NPS absoluto registrado no CAE (REUR) e o nível de entrada fornecido (no caso 65 dB NPS), gerando o ganho fornecido pela orelha externa (REUG) em cada frequência. Todas as medições ficam armazenadas no banco de dados do equipamento. Para o propósito deste estudo as mensurações foram recuperadas do banco de dados, sendo analisada apenas a frequência e a amplitude do pico primário da resposta.

As análises estatísticas foram realizadas por meio do software PACOTICO v.5.0 (Pacotinho Estatístico). Foi calculado o coeficiente de correlação de Pearson (r) entre a frequência do pico primário e amplitude da REUG com o volume equivalente da orelha externa e média e idade dos participantes. O teste “t” de Student para amostras independentes foi utilizado para comparar a existência de diferenças entre os dados timpanométricos e amplitude e frequência do pico primário da REUG entre adultos e idosos e homens e mulheres. Em todos os casos foi adotado um nível de significância igual a 0,01.

RESULTADOS

Em cinco casos de idosos e três casos de adultos não foi possível recuperar o registro dos valores do volume equivalente da orelha externa (Tabelas 2, 3 e 4; Figura 1).

Tabela 2. Média e desvio padrão dos dados da imitanciometria e do ganho da orelha externa (REUG) em idosos e adultos.

		Idosos		Adultos		Teste “t” Valor de p
		Média ± dp	n	Média ± dp	n	
IMITANCIOMETRIA	Volume equivalente da orelha externa(ml)	1,31 ± 0,52	35	1,11 ± 0,41	37	0,02
	Volume equivalente da orelha média(ml)	0,61 ± 0,3	40	0,63 ± 0,25	40	0,74
	Pressão da máxima admitância (daPa)	-19,64 ± 37,07	40	3,75 ± 16,4	40	0,03
REUG	Amplitude do pico primário (dB)	16,59 ± 3,49	40	17,57 ± 3,81	40	0,40
	Frequência do pico primário (Hz)	2618,93 ± 328,13	40	2824,75 ± 616,73	40	0,99

Legenda: p < 0,01 estatisticamente significante

DISCUSSÃO

Embora o VeqOE dos idosos tenha sido 0,2 ml maior do que o dos adultos, não houve diferença significativa entre os grupos (Tabela 2). Além disso, a correlação entre o VeqOE e idade dos participantes foi fraca e não significativa (Tabela 4). Estudiosos encontraram valores médios do volume equivalente da orelha externa iguais a 1,4 ml e não observaram alterações deste volume com a idade (14). Outra pesquisa também não encontrou diferenças do VeqOE entre adultos e idosos (15). Um estudo encontrou valores do VeqOE de idosos 0,2 ml maiores do que os dos adultos. Os autores atribuíram este resultado pelo fato da medida do diâmetro do CAE do idoso (média 9,25mm) ser menor que o encontrado no adulto (média 10,67mm) (16).

A média do volume equivalente de orelha média obtida no presente estudo (Tabela 2) está em concordância com os dados da literatura que relatam um volume equivalente de orelha média de 0,3ml a 1,6ml em adultos com função de orelha média normal (17). Pesquisadores encontraram volumes da orelha média para adultos e idosos iguais a 0,62 e 0,61 respectivamente (16). Não houve diferença entre o VeqOM entre adultos e idosos e a correlação entre este a idade dos participantes foi fraca e

não significativa (Tabela 4). Estes achados parecem estar em conflito com relato de aumento da rigidez do sistema de transmissão da orelha média com a idade (9,10). No entanto, outros estudos também não encontraram diferenças no volume equivalente de orelha média quando comparados dados de adultos e idosos (15,18,19).

A média da pressão do pico foi de -19,64 daPa para os idosos e 3,75 daPa para os adultos (tabela 2), concordando com os dados da literatura que referem uma pressão de -100 a +50 daPa em adultos com função de orelha média normal

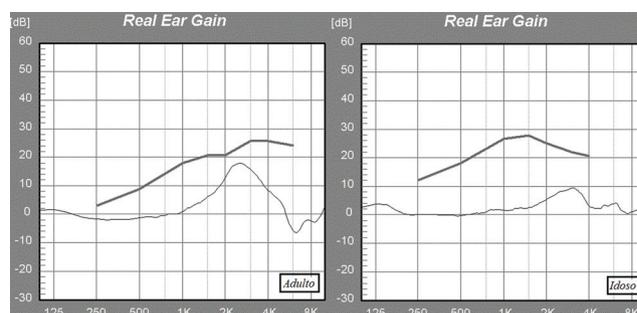


Figura 1. Exemplo de curva da REUG típica em paciente adulto (pico em 2500 Hz e ganho de 17,9 dB) e atípica em paciente idoso (pico em 3070 Hz e ganho de 9,5 dB).

Tabela 3. Média e desvio padrão dos dados da imitanciometria e do ganho da orelha externa (REUG) em homens e mulheres.

		Mulheres		Homens		Teste "t" Valor de p
		Média ± dp	N	Média ± dp	N	
IMITANCIOMETRIA	Volume equivalente da orelha externa (ml)	1,16 ± 0,58	37	1,24 ± 0,32	35	0,53
	Volume equivalente da orelha média (ml)	0,66 ± 0,28	40	0,60 ± 0,26	40	0,35
	Pressão da máxima admitância (daPa)	-9,87 ± 31,93	40	-5,37 ± 25,45	40	0,32
REUG	Amplitude do pico primário (dB)	17,23 ± 3,46	40	17,22 ± 3,70	40	0,98
	Frequência do pico primário (Hz)	3027,25 ± 725,26	40	2620,5 ± 314,81	40	0,00*

Legenda: p < 0,01 estatisticamente significante

Tabela 4. Correlações (Pearson) entre idade, frequência e amplitude do pico primário do ganho da orelha externa (REUG) e os dados da imitanciometria para todos os participantes.

	REUG		Idade
	Frequência do pico primário	Amplitude do pico primário	
Volume Equivalente OE (n = 72)	r = -0,28 p = 0,009	r = 0,04 p = 0,72	r = 0,25 p = 0,03
Volume equivalente OM (n = 80)	r = -0,05 p = 0,61	r = -0,07 p = 0,50	r = -0,04 p = 0,69
Frequência do pico primário (n = 80)	—	—	r = -0,09 p = 0,40
Amplitude do pico primário (n = 80)	—	—	r = -0,13 p = 0,24

Legenda: p < 0,01 estatisticamente significante

(11). Em pesquisas de 2004 e 2007 os autores não encontraram mudanças na pressão do pico com a idade quando comparados dados de adultos e idosos (15 e 20). É postulado que a degeneração nas estruturas anatômicas da orelha média ou tuba auditiva decorrentes do avanço da idade não influenciam a capacidade ventilatória da orelha média (15,20).

O V_{eqOE} dos homens foi maior do que o das mulheres, no entanto esta diferença não foi significativa (Tabela 3). A literatura relata diferenças significantes do V_{eqOE} entre homens e mulheres sendo esta da ordem de 0,35 ml em adultos (21) e 0,3 ml quando considerados adultos e idosos (16). Este efeito do gênero sobre o V_{eqOE} pode ser atribuído ao tamanho do CAE, que tende a ser maior em homens do que em mulheres (21).

Não houve diferenças estatisticamente significantes do V_{eqOM} e pressão da máxima admitância entre homens e mulheres (Tabela 3), corroborando a literatura (16,20).

A média da frequência e amplitude do pico primário da REUG encontrado para adultos e idosos (tabela 2) foram próximos ao de uma REUG típica de um adulto, ou seja, pico primário entre 2600Hz a 3000Hz e amplitude entre 14dB a 18dB (3). Uma compilação de estudos sobre a ressonância da orelha externa indicando ressonância média na frequência de 2700 Hz e com amplitude de 16,8 dB (22).

Neste estudo não houve diferença da frequência e pico primário da REUG entre adultos e idosos. Estudiosos encontraram valores médios da amplitude do pico primário da REUR iguais a 17,3 dB e 18,2 dB para adultos na faixa etária de 40 a 49 anos e 50 a 59 anos, respectivamente. Para idosos os valores encontrados foram de 18,2 a 19 dB. Os autores também não observaram diferenças do pico da REUR com a idade (4).

Não foram encontradas diferenças na amplitude, porém houve uma diferença estatisticamente significativa entre homens e mulheres no que diz respeito a medida da frequência do pico primário da REUG (Tabela 3). Este resultado pode ter ocorrido em função do menor V_{eqOE} encontrado para as mulheres.

Foi observado ainda (Tabela 4) que existe uma correlação negativa fraca, porém significativa, entre o V_{eqOE} e a frequência do pico primário. Ou seja, quanto maior o V_{eqOE} , menor é a frequência de ressonância do CAE. Isto pode ser explicado pelo fato do CAE se comportar como um ressonador de um quarto de onda e as dimensões (comprimento) do mesmo determinar a frequência do pico de ressonância primário (2).

Deve ser ressaltado, no entanto, que existe controvérsia quanto ao uso de procedimentos timpanométricos

para estimar o volume do conduto auditivo externo. Por um lado, um timpanômetro pode avaliar o volume do CAE quando o mesmo estiver sem obstruções e possuir um volume de até 1,4 ml. Acima deste volume existe uma diminuição progressiva da acurácia do procedimento (23).

Por outro lado, um estudo relata que as medidas de imitância acústica sofrem influência do posicionamento da sonda e oliva no CAE, pois conforme a sonda estiver inserida mais profundamente, menor será o volume de orelha externa e maior será a pressão gerada dentro do CAE (2). Para estimar o volume da orelha externa por meio das medidas de imitância acústica é necessário considerar alguns fatores, como: a variação de pressão de ± 400 da Pa não é o suficiente para atingir a máxima impedância da orelha média, assim não é possível obter um resultado exato apenas da impedância da orelha externa; o uso de sondas de 220 Hz e 660 Hz nos procedimentos de timpanometria superestimam o real volume físico, com erros de 10% e 24% respectivamente, sendo estas diferenças atribuídas a reatância às frequências da sonda no sistema da orelha média. Por se tratar de design retrospectivo, não foi possível controlar a inserção da sonda e oliva para a realização de medidas de imitância acústica, sendo uma limitação do presente estudo.

O fato de não terem sido encontradas diferenças nos valores médios da REUG em idosos, sugere que *targets* e medidas do ganho de inserção (REIG) podem ser utilizadas nesta população para a verificação da amplificação fornecida pelo aparelho de amplificação sonora individual no conduto auditivo externo. No entanto, foram observados neste estudo alguns dados individuais de idosos exibindo uma REUG atípica (Figura 1). Desta forma, recomenda-se que nos casos onde tal resposta atípica for identificada, seja utilizada a “Resposta com Amplificação na Orelha Externa” (REAR) como método de verificação (8).

CONCLUSÃO

Não foram encontradas diferenças entre adultos e idosos, ou entre homens e mulheres, no que se refere aos volumes equivalentes da orelha externa e média bem como frequência e amplitude do pico primário da REUG, sugerindo que a verificação da amplificação pode ser realizada utilizando-se *targets* e medidas do ganho de inserção (REIG) nesta população.

REFERÊNCIAS

1. Shaw EAG. Transformation of sound pressure from the free field to eardrum in the horizontal plane. J. Acoustical Society of America, 1974; 56:1848-61.

2. Ballachanda BB. Theoretical and applied external ear acoustics. *J Am Acad Audiol*, 1997; 8(6):411-20.
3. Mueller GH, Hall JW. Audiologist's desk reference volume II: audiologic management, rehabilitation and terminology. San Diego, Singular Publishing, 1998.
4. Liu TC, Chen YS. Aging and external ear resonance. *Int J Audiol*, 2000; 39(5):235-7.
5. Chasin M. The etiology of the REUG: did we get it completely right? *Hear J*, 2005; 58(12):22-4.
6. Zenker, F. Medidas en oído real mediante sonda microfónica. Definición y aplicaciones. [online]. *Auditio: Revista electrónica de audiología*. 15 Septiembre 2001, vol. 1(1), pp. 10-15. <http://www.auditio.com/revista/pdf/vol1/1/040101.pdf>
7. Mueller HG. Probe Microphone measurements: 20 years of progress. *Trends Amplif*, 2001; 5:35-68.
8. British Society of Audiology. Guidance on the use of real ear measurement to verify the fitting of digital signal processing hearing aids. Disponible em: <http://www.thebsa.org.uk/docs/RecPro/REM.pdf>
9. Chisolm TH, Willott JF, Lister JJ. The aging auditory system: anatomic and physiologic changes and implications for rehabilitation. *Inter J Audiol*, 2003; 42(6):3-10.
10. Howarth A, Shone GR. Ageing and the auditory system. *Postgrad Med J*. 2006; 82: 166-171. Disponible em: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2563709/>.
11. Beck D, Speidel D, Huijnen J, Petrak M. Tympanometry and acoustic reflex: innovation, review, and application. *Hear Rev*, 2009; 16(4):28-33.
12. Wiley TL, Stoppenbach DT. Basic principles of acoustic immittance measures. In: Katz J, Burkard R, Medwetsky L. *Handbook of Clinical Audiology*. 5a ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2002: 159-74.
13. Dillon H. *Hearing aids*. New York: Thieme; 2001.
14. Ahn JH, Park HJ, Park GH, Jeong YS, Kwak HB, Lee YJ, Shin JE, Moon WJ. Tympanometry and ct measurement of middle ear volumes in patients with unilateral chronic otitis media. *Clin Exp Otorhinolaryngol*. 2008 September, 1(3):139-42.
15. Stenklev NC, Vik O, Laukli E. The aging ear: an otomicroscopic and tympanometric study. *Acta Otolaryngol*, 2004 Jan; 124(1):69-76.
16. Feeney MP, Sanford CA. Age effects in the human middle ear: wideband acoustical measures. *J Acoust Soc Am*, 2004; 116:3546-58.
17. McSpaden, JB. Basic tympanometry in the dispensing office. *Hear Rev* [periódico online]. 2006 [citado 2 dez 2009]. Disponible em: http://www.hearingreview.com/issues/articles/2006-11_04.asp.
18. Uchida Y, Nomura H, Itoh A, Nakashima T, Ando F, Niino N, Shimokata H. The effects of age on hearing and middle ear function. *J Epidemiol*, 2000; 10:S26-32.
19. Rawool VW, Harrington BT. Middle ear admittance and hearing abnormalities in individuals with osteoarthritis. *Audiol Neurotol*, 2007; 12:127-36.
20. Golding M, Doyle K, Sindhusake D, Mitchell P, Newall P, Hartley D. Tympanometric and acoustic stapedius reflex measures in older adults: the Blue Mountains Hearing Study. *J Am Acad Audiol*, 2007 May; 18(5):391-403.
21. Wahab NA, Rashid MF. Tympanometric values in young Malay adults: preliminary data. *Singapore Med J*, 2009 Nov; 50(11):1077-9.
22. Shaw EAG, Vaillancourt MM. Transformation of sound-pressure level from the free field to the eardrum presented in numerical form. *Journal of the Acoustical Society of America*, 1985; 78(3):1120-1123.
23. Hussaini AA, Owens D, Tomkinson A. Assessing the accuracy of tympanometric evaluation of external auditory canal volume: a scientific study using an ear canal model. *Eur Arch Otorhinolaryngol*, 2011 Dec; 268(12):1721-5.