

Aline Papin Roedas da Silva¹
 Wanderléia Quinhoneiro Blasca¹
 José Roberto Pereira Lauris¹
 Jerusa Roberta Massola de Oliveira²

Descritores

Perda auditiva
 Idoso
 Membrana timpânica
 Orelha externa
 Meato acústico externo
 Audiologia
 Auxiliares de audição

Keywords

Hearing loss
 Aged
 Tympanic membrane
 Ear external
 Ear canal
 Audiology
 Hearing aids

Endereço para correspondência:

Aline Papin Roedas da Silva
 Rua Aviador Mário Fundagem Nogueira,
 3-9, Jardim América, Bauru (SP), Brasil,
 CEP: 17017-324.
 E-mail: jemassola@hotmail.com

Recebido em: 14/02/2013

Aceito em: 07/03/2013

CoDAS 2014;26(2):112-6

Correlação entre as características da ressonância e o envelhecimento da orelha externa

Correlation between the characteristics of resonance and aging of the external ear

RESUMO

Objetivo: O envelhecimento ocasiona alterações de orelha externa como colapso do meato acústico externo e membrana timpânica senil. Conhecê-las é oportuno para o diagnóstico da deficiência auditiva e para seleção do aparelho de amplificação sonora individual. Por esse motivo, o estudo propôs-se a verificar a interferência das alterações anatômicas da orelha externa na ressonância do meato acústico em idosos. **Métodos:** A amostra foi composta por medidas objetivas de orelha externa de idosos com colapso (grupo A), membrana timpânica senil (grupo B) e sem alteração de meato acústico externo ou membrana timpânica (grupo C) e de adultos sem alteração de orelha externa (grupo D). No estudo retrospectivo/clínico realizaram-se comparações de medidas de indivíduos com e sem alteração de orelha externa por meio do ganho e resposta de ressonância da orelha externa e da frequência de pico primário para orelha direita. **Resultados:** Nos grupos A, B e C houve diferença estatisticamente significativa entre *Real Ear Unaided Response* (REUR) e *Real Ear Unaided Gain* (REUG), mas não para a frequência de pico. Para os grupos A e B ocorreu diferença significativa na REUR e REUG. Entre os grupos C e D houve significância estatística para a REUR e REUG, mas não para a frequência do pico primário. **Conclusão:** As alterações na orelha externa influenciam na ressonância, diminuindo a sua amplitude. Todavia, a frequência do pico primário não é afetada.

ABSTRACT

Purpose: Aging causes changes in the external ear as a collapse of the external auditory canal and tympanic membrane senile. Knowing them is appropriate for the diagnosis of hearing loss and selection of hearing aids. For this reason, the study aimed to verify the influence of the anatomical changes of the external ear resonance in the auditory canal in the elderly. **Methods:** The sample consisted of objective measures of the external ear of elderly with collapse (group A), senile tympanic membrane (group B) and without changing the external auditory canal or tympanic membrane (group C) and adults without changing the external ear (group D). In the retrospective/clinical study were performed comparisons of measures of individuals with and without alteration of the external ear through the gain and response external ear resonant frequency and the primary peak to the right ear. **Results:** In groups A, B and C was no statistically significant difference between Real Ear Unaided Response (REUR) and Real Ear Unaided Gain (REUG), but not for the peak frequency. For groups A and B were shown significant differences in REUR and REUG. Between the C and D groups were significant statistics to the REUR and REUG, but not for the frequency of the primary peak. **Conclusion:** Changes influence the external ear resonance, decreasing its amplitude. However, the frequency of the primary peak is not affected.

Trabalho realizado no Departamento de Fonoaudiologia, Faculdade de Odontologia de Bauru, Universidade de São Paulo – USP – Bauru (SP), Brasil.

(1) Faculdade de Odontologia de Bauru, Universidade de São Paulo – USP – Bauru (SP), Brasil.

(2) Hospital de Reabilitação de Anomalias Craniofaciais, Universidade de São Paulo – USP – Bauru (SP), Brasil.

Fonte de financiamento: Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP).

Conflito de interesses: nada a declarar.

INTRODUÇÃO

A orelha externa é constituída pelo pavilhão auricular e pelo meato acústico externo (MAE). O pavilhão é uma estrutura fibrocartilaginosa com saliências e reentrâncias, dentre elas a hélix, a anti-hélix, o tragus, o anti-tragus, a concha e o meato acústico externo. A porção inferior, composta pelo lóbulo, é a única do pavilhão auricular que não possui cartilagem, formada por tecido adiposo, derme e tecido celular subcutâneo^(1,2). O MAE é levemente sinuoso, tendo o comprimento, em torno de 2,5 cm a 3,0 cm no adulto, desde a sua abertura até a membrana timpânica⁽²⁾. É um tubo que possui uma extremidade aberta (porção da concha) e outra fechada (membrana timpânica), comportando-se como um ressonador de um quarto de onda, sendo a frequência de ressonância dada pela fórmula $F=v/4L$, sendo “v” a velocidade de som e “L” é o comprimento do MAE. A ressonância do meato ocorre na região da frequência de 2.700 Hz, com amplitude entre 10 e 20 dB^(3,4), sendo essas frequências essenciais para discriminação da fala^(4,5).

Essa ressonância pode sofrer interferências advindas das condições anatomo-fisiológicas da orelha externa e/ou da orelha média⁽⁶⁻⁸⁾. Por ressonância, entende-se a amplificação natural que as estruturas da orelha externa (pavilhão auricular, concha e meato acústico externo) promovem no som, ou seja, a orelha externa inicia a sua vibração na mesma frequência da onda sonora da fonte externa incidente na membrana timpânica, recebendo sua influência.

Estudos sugerem que a ressonância é dependente da idade em função do tamanho da orelha. Observa-se que o pico de ressonância ocorre em uma frequência na qual o comprimento de onda é igual a um quarto^(7,8). A ressonância da concha encontra-se aproximadamente nas regiões de 5.000 a 6.000 Hz (amplitude aproximada de 10 dB) e do pavilhão auricular em torno de 4.000 Hz (amplitude aproximada de 3 dB). Para o MAE, a ressonância fica em torno de 2.500 Hz a 2.700 Hz em 13 dB^(9,10).

Com o envelhecimento, observam-se modificações anatômicas e estruturais no sistema auditivo global. Na orelha externa ocorre perda da elasticidade e aumento da flacidez, com consequente colapamento do MAE, o que ocasiona a diminuição de seu volume e também a diminuição da camada de gordura e o aumento da produção de cerúmen, do crescimento de pelos e do pavilhão auricular⁽¹⁰⁾. Essas modificações podem causar sensação de plenitude auricular e vertigem, repercutindo em perda auditiva condutiva e atenuando ou impedindo a condução do som para estruturas como a cóclea^(10,11).

A medida da ressonância da orelha externa pode ser realizada por meio de mensurações com microfone sonda. Nesse procedimento são obtidas informações importantes sobre as variações acústicas do som incidente na membrana timpânica, causadas tanto pelas estruturas da própria orelha externa quanto pela cabeça e pelo corpo do indivíduo⁽¹²⁾.

Com o desenvolvimento dos microfones miniaturizados foi possível o registro das variações no MAE, uma vez que eles podem ser introduzidos no meato por meio de tubo sonda flexível, permanecendo próximo à membrana timpânica e medindo, deste modo, o nível de pressão sonora. Assim, essas mensurações vieram a contribuir para a avaliação das

características eletroacústicas dos dispositivos de amplificação de forma rápida, objetiva e precisa^(12,13). Denominada também de medida *in situ* (do latim, no local), refere-se à condição na qual o aparelho de amplificação é avaliado no MAE. A medida verifica o nível de pressão sonora (NPS) alcançado, considerando um determinado NPS de entrada. A vantagem desse método é o fato de exigir mínima colaboração do indivíduo, sendo de fácil realização⁽¹³⁻¹⁵⁾.

A ressonância da orelha externa pode ser quantificada medindo o nível de pressão sonora absoluto, gerado na membrana timpânica para um determinado som de entrada, sendo conhecida como *Real Ear Unaided Response* (Resposta de Ressonância da Orelha Externa – REUR). Todavia, quando o nível do som de entrada é subtraído da REUR é possível obter o ganho (amplificação) natural da orelha externa conhecida como *Real Ear Unaided Gain* (Ganho de Ressonância da Orelha Externa – REUG)^(16,17).

Em uma REUG observa-se pouca ressonância na região de frequência abaixo de 1.500 Hz (valores entre 0 e 4 dB), com a presença de um pico primário de amplificação entre 2.600 e 3.000 Hz (amplitudes entre 14 a 18 dB) e pico secundário entre 4.000 e 5.000 Hz (amplitude entre 10 e 15 dB), dados pelas propriedades da concha⁽¹⁸⁾.

A importância da determinação da medida do ganho da orelha externa é que ela serve como base para a obtenção do *Real Ear Insertion Gain* (REIG), determinando a amplificação fornecida pelo aparelho de amplificação sonora individual (AASI) no MAE, sendo comparado com valores de REIG pré-estabelecidos por fórmulas prescritivas para verificar se as necessidades de amplificação foram alcançadas. As fórmulas que prescrevem o REIG têm como base a REUG típica do usuário. Se este não for o caso, é necessária a utilização de outras medidas, como a *Real Ear Aided Response* (REAR) para verificação do desempenho da prótese em ouvido real^(18,19).

Desta maneira, este estudo se propõe a verificar a interferência das alterações anatômicas da orelha externa em decorrência do envelhecimento, na resposta da REUR e da REUG.

MÉTODOS

Este estudo do tipo retrospectivo foi desenvolvido no período entre agosto de 2010 e julho de 2011 na Clínica de Fonoaudiologia da Faculdade de Odontologia de Bauru, Universidade de São Paulo, credenciada ao Sistema Único de Saúde (SUS).

O estudo recebeu parecer favorável para execução sob número de protocolo 58/2010, sendo realizado com apoio financeiro da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), processo nº 2010/05908-2.

Inicialmente foram analisadas as medidas REUR e REUG nos prontuários dos indivíduos. A seleção dos prontuários foi aleatória, embora, como pré-requisito, houvesse a necessidade dos indivíduos de atender aos seguintes critérios: apresentar deficiência do tipo neurosensorial bilateral, apresentar faixa etária acima de 20 anos e, quanto às condições anatômicas da orelha externa, apresentar membrana timpânica íntegra e não ter sido submetido à cirurgia otológica. Para a certificação da integridade quanto ao *status* da orelha externa foram

analisados os relatos da avaliação clínica realizada pelo médico otorrinolaringologista.

A amostra foi constituída por 141 medidas de indivíduos distribuídos conforme a descrição abaixo:

- Grupo A: constituído por medidas de 15 indivíduos idosos, sendo cinco mulheres e dez homens entre 60 e 84 anos com colabamento do MAE;
- Grupo B: constituído por medidas de 40 indivíduos idosos, sendo 18 mulheres e 22 homens entre 60 e 82 anos com membrana timpânica senil;
- Grupo C: constituído por medidas de 17 indivíduos idosos, todos do sexo feminino entre 60 e 79 anos sem alteração de MAE;
- Grupo D: constituído por medidas de 69 indivíduos adultos, sendo 32 mulheres e 37 homens na faixa etária de 20 e 59 anos de idade sem alteração anatômica ou otológica de orelha externa.

As alterações anatômicas de orelha externa, como o colabamento e a membrana timpânica senil, foram diagnosticadas considerando a inspeção realizada pelo otorrinolaringologista.

Foram realizadas as seguintes análises: medida da REUR, medida do REUG e, por fim, a frequência de pico primário para a orelha direita, escolhida como orelha do teste, visto que todos os indivíduos possuíam registro nos seus prontuários, fato que não ocorreu com a orelha esquerda. O procedimento da medida com o microfone sonda foi realizado no aparelho Unity (SIEMENS), em campo livre, na posição a 0° azimute a uma distância de aproximadamente 50 cm do campo sonoro.

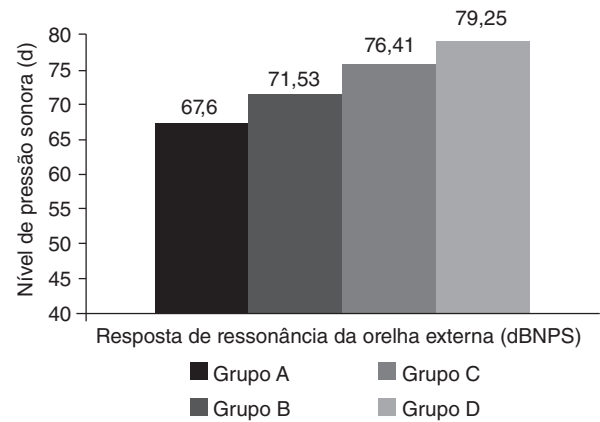
A REUR registra o NPS em função da frequência, obtido pelo microfone sonda posicionado em um ponto específico do MAE para um determinado campo sonoro, com o MAE não ocluído. O sinal de teste *speech noise* e o nível de intensidade de 65 dB NPS foram os parâmetros utilizados nas medidas de REUR e REUG, obtendo-se respectivamente a curva da ressonância natural da orelha externa e o ganho em relação à intensidade do estímulo, seguindo o protocolo pré-estabelecido pela literatura.

Quanto ao estudo estatístico, foi utilizado o teste paramétrico de análise de variância (ANOVA), e na análise de correção dos grupos o teste de Tuckey e Teste *t* de Student.

RESULTADOS

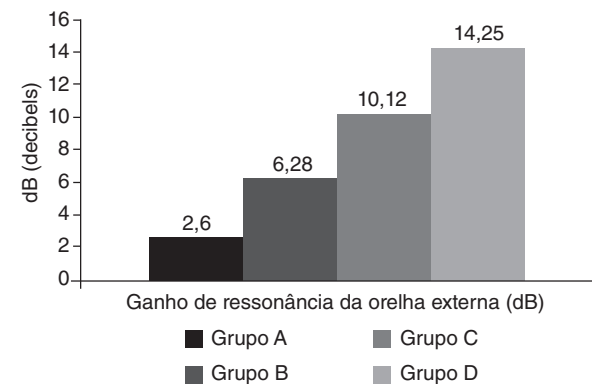
As Figuras 1 e 2 apresentam, respectivamente, valores absolutos médios das medidas REUR e REUG para os quatro grupos estudados, sendo possível constatar visualmente a diferença destes parâmetros entre eles. Após aplicação do teste estatístico paramétrico ANOVA, foi confirmada significância estatística entre as médias das amostras para a medida da REUR (p=0,0000) e da REUG (p=0,0000), conforme observado na Tabela 1.

A Figura 3, conjuntamente à Tabela 1, demonstra a frequência em que é registrado o pico primário de ressonância, variável na qual foi observada ausência de significância (p=0,5416) nos grupos estudados.



Legenda: Grupo A = idosos com colabamento do meato acústico externo; Grupo B = idosos com membrana timpânica senil; Grupo C = idosos sem alteração de meato acústico externo; Grupo D = adultos sem alteração anatômica ou otológica de orelha externa.

Figura 1. Média da medida *Real Ear Unaided Response* dos grupos estudados



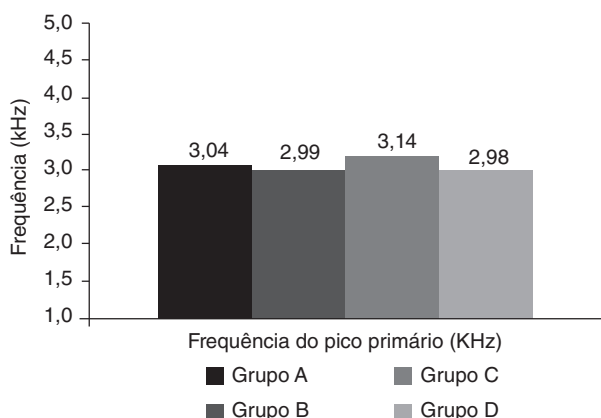
Legenda: Grupo A = idosos com colabamento do meato acústico externo; Grupo B = idosos com membrana timpânica senil; Grupo C = idosos sem alteração de meato acústico externo; Grupo D = adultos sem alteração anatômica ou otológica de orelha externa.

Figura 2. Média da medida *Real Ear Unaided Gain* dos grupos estudados

Tabela 1. Comparação dos grupos A, B e C quanto à resposta das medidas da *Real Ear Unaided Response*, do *Real Ear Unaided Gain* e da frequência do pico primário

Medida	Grupo A	Grupo B	Grupo C	Valor de p
	Média±DP	Média±DP	Média±DP	
<i>Real Ear Unaided Response (dB NPS)</i>	67,60±1,06	71,53±2,61	76,41±1,73	0,0000*
<i>Real Ear Unaided Gain (dB)</i>	2,60±1,06	6,28±1,99	10,12±1,32	0,0000*
<i>Frequência do pico (kHz)</i>	3,04±0,39	2,99±0,51	3,14±0,43	0,5416 (ns)

Teste de análise de variância (ANOVA); *p<0,05 (estatisticamente significante).
Legenda: ns = diferença não estatisticamente significativa perante o teste ANOVA; Grupo A = idosos com colabamento do meato acústico externo; Grupo B = idosos com membrana timpânica senil; Grupo C = idosos sem alteração de meato acústico externo; DP = desvio padrão.



Legenda: Grupo A = idosos com colabamento do meato acústico externo; Grupo B = idosos com membrana timpânica senil; Grupo C = idosos sem alteração de meato acústico externo; Grupo D = adultos sem alteração anatômica ou otológica de orelha externa

Figura 3. Média da frequência do pico primário dos grupos estudados

Confirmada a significância no teste estatístico ANOVA entre os grupos A, B e C quanto à média das medidas de REUR e REUG para a orelha direita, o teste *Tuckey* foi aplicado para efeito de comparação das médias, a fim de verificar se haveria diferença mínima significativa. Os resultados apontaram que a diferença deu-se entre os grupos A e B nas medidas de REUR e REUG com $p=0,0001$ em ambos os casos, como pode ser visualizado na Tabela 2.

A Tabela 3 apresenta os resultados da comparação entre os indivíduos com mais de 60 anos pertencentes ao grupo C e adultos do grupo D.

Tabela 2. Comparação dos grupos A e B quanto à correlação da alteração anatômica na resposta *Real Ear Unaided Response* e *Real Ear Unaided Gain*

Medida	Grupo A	Grupo B	Valor de p
	Média±DP	Média±DP	
<i>Real Ear Unaided Response (dB NPS)</i>	67,60±1,06	71,53±2,61	0,0001*
<i>Real Ear Unaided Gain (dB)</i>	2,60±1,06	6,28±1,99	0,0001*

Teste Tukey; * $p<0,05$ (estatisticamente significante)

Legenda: DP = desvio padrão

Tabela 3. Comparação dos grupos C e D quanto à *Real Ear Unaided Response*, ao *Real Ear Unaided Gain* e à frequência do pico primário

Medida	Grupo C	Grupo D	Valor de p
	Média±DP	Média±DP	
<i>Real Ear Unaided Response (dB NPS)</i>	76,41±1,73	79,25±3,87	0,0043*
<i>Real Ear Unaided Gain (dB)</i>	10,12±1,32	14,25±3,87	0,0000*
<i>Frequência do pico (kHz)</i>	3,14±0,43	2,98±0,45	0,1983 (ns)

Teste *t* de Student, * $p<0,05$ (estatisticamente significante)

Legenda: ns = diferença não estatisticamente significante perante o teste *t* de Student; DP = desvio padrão

Por meio da aplicação do Teste *t* de Student, tornou-se possível a comparação da média das amostras constatando-se significância entre os grupos C e D para as medidas REUR e REUG, respectivamente $p=0,0043$ e $p=0,0000$, não ocorrendo significância para a frequência do pico primário ($p=0,1983$).

DISCUSSÃO

Hoje, em todo o mundo, o aumento do número de idosos já é uma realidade, sendo que no Brasil ela se torna cada vez mais expressiva. Na pirâmide etária, essa modificação gradual está direcionando um comportamento diferente em várias áreas da saúde e, com isso, novas políticas públicas de atenção ao idoso são desenvolvidas, proporcionando a melhora da qualidade de vida.

Com o decorrer do envelhecimento, fatores endógenos e exógenos acometem o homem. Nesse processo, alterações degenerativas no aspecto físico, cognitivo e sensorial afetam de forma negativa o indivíduo idoso, sendo a deficiência auditiva considerada uma das mais difíceis no âmbito psicossocial.

Muitas são as consequências primárias e secundárias da deficiência auditiva no idoso. Além disso, o processo de seleção e adaptação do AASI é uma etapa que deve ser realizada de forma criteriosa, seguindo protocolos adequados em todo o processo, juntamente com a orientação e o aconselhamento do paciente, para que problemas relacionados à aceitação e dificuldade de manutenção diária do dispositivo sejam minimizados. Nesse contexto, as dificuldades relacionadas ao aspecto anatômico da orelha externa são de extrema importância, pois poderão direcionar as resposta da amplificação do AASI. Contudo, foi necessário um estudo detalhado desses fatores, influenciando no melhor aproveitamento da amplificação. Assim, a proposta deste trabalho foi verificar a interferência das alterações anatômicas da orelha externa em decorrência do envelhecimento na resposta da REUR e do REUG.

Analisando os resultados apresentados na Tabela 1 foi possível constatar diferença estatisticamente significante na comparação dos grupos A, B e C em relação às medidas de ressonância de orelha externa, pois os grupos A e B (com colabamento do MAE e membrana timpânica senil) obtiveram resultados que diferem do grupo de idosos sem alteração de orelha externa (grupo C) nos procedimentos realizados (REUR e REUG). Os indivíduos dos grupos A e B obtiveram resultados inferiores ao grupo C, sendo observados no grupo A os menores valores. A diferença entre os grupos A, B e C evidenciou a influência das alterações decorrentes do envelhecimento na ressonância natural da orelha externa, devido à perda da elasticidade e ao aumento da flacidez do meato acústico externo, ratificando a literatura consultada^(3,6,7).

A frequência do pico primário das medidas REUR e REUG também foi pesquisada, não sendo verificado o deslocamento no registro da frequência do pico primário para a REUR nem para a REUG considerando os grupos participantes. Os testes estatísticos revelaram que não correu significância para a frequência de pico primário ($p=0,5416$) para os três grupos de indivíduos com mais de 60 anos de idade. Essa diferença não foi observada, pois, de acordo com a literatura, as dimensões da orelha externa entre os idosos são praticamente semelhantes, justificando as respostas apresentadas.

Segundo os resultados apresentados pelos grupos, tornou-se necessária uma análise mais detalhada dos grupos A e B para verificar dentre as duas alterações anatômicas apresentadas por eles qual causaria maior impacto na resposta de ressonância da orelha (Tabela 2). Por meio desta correlação, foi possível verificar que houve diferença estatisticamente significativa entre os grupos nas medidas da REUR e REUG. Sabendo-se que ambas as alterações interferem na resposta de ressonância, observou-se maior impacto nos indivíduos do grupo A.

Com relação aos aspectos do envelhecimento, a Tabela 3 demonstrou que na comparação da média das amostras foi possível constatar significância estatística entre os grupos C e D para as medidas da REUR e do REUG, o que nos leva a refletir sobre a importância dos fatores senis nas características anatômicas do MAE.

Comparando indivíduos idosos (grupos A, B e C) com adultos (grupo D) constatou-se, por meio dos resultados estatísticos, que os valores de ressonância encontrados, tanto de REUR quanto de REUG, foram menores para os idosos, resultado que pode ser justificado pelas modificações anatômicas da orelha externa devido ao processo de envelhecimento. Portanto, alterações na ressonância natural da orelha externa foram observadas, estando em conformidade com os estudos realizados.

No processo de seleção e verificação do AASI é importante mencionar que as respostas podem ser consideravelmente afetadas, em virtude das modificações nas características anatômicas do MAE.

Na literatura, os autores consideram que as dimensões do MAE são diferentes somente entre criança e adultos/idosos. Neste estudo verificou-se que para indivíduos adultos as características de ressonância estão preservadas. No entanto, para os idosos com alterações anatômicas no MAE, essas mesmas características podem estar modificadas. Realizando um paralelo com a amplificação, sabe-se que a alteração da ressonância natural da orelha externa afetará diretamente a resposta do AASI, sendo importante considerar as características do envelhecimento para o processo de seleção e adaptação do AASI^(8,16).

Esse estudo preocupou-se em conhecer a interferência do envelhecimento na ressonância natural da orelha externa, podendo auxiliar nos exames de diagnóstico audiológico, no processo de seleção e indicação do AASI e, conseqüentemente, no melhor aproveitamento da amplificação.

CONCLUSÃO

De acordo com estudo realizado foi possível concluir que as alterações anatômicas decorrentes do envelhecimento interferem nas medidas da ressonância natural da orelha externa e, conseqüentemente, no seu ganho de ressonância.

Acreditamos que o estudo contribuiu para a área de Audiologia especificamente na seleção e verificação das características eletroacústicas do AASI dentro do processo de reabilitação auditiva de indivíduos idosos com deficiência a fim de maximizar a amplificação e sua adequação às necessidades audiológicas do usuário.

**ARPS foi responsável pelo projeto, delineamento do estudo, coleta e tabulação dos dados; WQB orientou e foi responsável pelo projeto, delineamento do estudo, orientação das etapas de execução e colaborou com a supervisão na coleta de dados; JRPL acompanhou a coleta e colaborou com a sua análise; JRM foi responsável pela elaboração do manuscrito.*

REFERÊNCIAS

1. Ballachanda BB. Theoretical and applied external ear acoustics. *J Am Acad Audiol*. 1997;8(6):411-20.
2. 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.
3. Bonaldi LV. Bases anatômicas da audição e do equilíbrio. São Paulo: Livraria Santos; 2004.
4. Chisolm TH, Willott JF, Lister JJ. The aging auditory system: anatomic and physiologic changes and implications for rehabilitation. *Int J Audiol*. 2003;42(Suppl 2):2S3-10.
5. Couto CM, Carvalho RMM. O efeito das orelhas externa e média nas emissões otoacústicas. *Rev Bras Otorrinolaringol*. 2009;75(1):15-23.
6. Dirks DD, Ahlstrom JB, Eisenberg LS. Comparison of probe insertion methods on estimates of ear canal SPL. *J Am Acad Audiol*. 1996;7(1):31-8.
7. Wiener FM, Ross DA. The pressure distribution in the auditory canal in a progressive sound field. *J Acoust Soc Am*. 1946;18(2):401-8.
8. Bortholuzzi SMF. Ressonância da orelha em indivíduos com idades de dois a 14 anos [monografia]. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria; 1992.
9. Howarth A, Shone GR. Ageing and the auditory system. *Postgrad Med J*. 2006;82(965):166-71.
10. Navarro MR. Reducing feedback during the hearing aid evaluation. *Audiology & Hearing Educ*. 1978;4(6):15.
11. Liu TC, Chen YS. Aging and external ear resonance. *Audiology*. 2000;39(5):235-7.
12. Roland PS, Marple BF. Disorders of the external auditory canal. *J Am Acad Audiol*. 1997;8(6):367-78.
13. McSpaden JB. Basic tympanometry in the dispensing office. *Hear Rev*. 2006;13(12):28.
14. Byrne D, Upfold G. Implications of ear canal resonance for hearing aid fitting. 1991;12:34-41.
15. Upfold G, Byrne D. Variability of ear canal resonance and its implications for the design of hearing aids and earplugs. *Australian J. Audiol*. 1988;10(2):97-102.
16. Oliveira RJ, Hoeker G. Ear canal anatomy and activity. *Semin Hear*. 2003;24(4):265-76.
17. Oliveira RJ. The active ear canal. *J Am Acad Audiol*. 1997;8(6):401-10.
18. Stenklev NC, Vik O, Laukli E. The aging ear: an otomicroscopic and tympanometric study. *Acta Otolaryngol*. 2004;124(1):69-76.
19. Zenker FJ. Medidas en oído real mediante sonda microfónica. Definición y aplicaciones. *Auditio: Revista Electrónica de Audiología*. 2001;1(1):10-15.