

ARTIGO ORIGINAL

Sound pressure level generated by individual portable sound equipment[☆]

Izabella dos Santos^{a,b,*}, Maria Francisca Colella-Santos^c, Christiane Marques do Couto^c

^a Aprimoramento em Saúde Auditiva, Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Campinas, SP, Brasil

^b Curso de Pós-graduação em Saúde da Criança e do Adolescente, Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Campinas, SP, Brasil

^c Departamento de Desenvolvimento Humano e Reabilitação, Faculdade de Ciências Médicas, Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Campinas, SP, Brasil

Recebido em 10 de janeiro de 2012; aceito em 23 de agosto de 2013

KEYWORDS

Ear canal;
External auditory canal;
Music;
Young adult

Abstract

Introduction: The use of Personal Digital Audio Players can cause a hearing injury since the sound is generated directly in the ear canal. It's believed that different headphones can cause different amplifications since they cause changes in the volume and resonance of the ear according to their depth.

Aim: This study aimed to determine the sound pressure that young people are exposed when they make use of Personal Digital Audio Players with two kinds of headphones: in-ear and earbud.

Materials and methods: It is an experimental study. The probe microphone measurements were made with different headphones in 54 ears (27 young people). The resonance peaks have also been registred.

Results: There is a statistically significant difference between the headphones evaluated, showing that in-ear headphones have higher levels of sound pressure than earbud headphones for all frequencies measured. There is no correlation between the resonance peak of the canal closed and the frequency where the highest sound pressure level with the headphone was obtained. There was a significant difference between ears at some frequencies with two headphones.

Conclusion: It was concluded that in-ear headphones generate a higher sound pressure level than earbud Headphones.

© 2014 Associação Brasileira de Otorrinolaringologia e Cirurgia Cérvico-Facial. Published by Elsevier Editora Ltda. All rights reserved.

PALAVRAS-CHAVE

Orelha externa;
Meato acústico externo;
Música;
Adulto jovem

Pressão sonora gerada por equipamentos sonoros portáteis individuais

Resumo

Introdução: O uso de equipamentos portáteis sonoros individuais pode ser um risco auditivo, pois o som é gerado diretamente no meato acústico externo. Acredita-se que fones diferentes proporcionam amplificações diferentes, pois causam variações de volume e de ressonância conforme suas inserções.

Objetivos: Verificar a pressão sonora a que jovens estão expostos quando fazem uso de equipamentos sonoros portáteis individuais com dois diferentes fones: de inserção e de inserção anatômico.

DOI se refere ao artigo: 10.5935/1808-8694.20140010

[☆]Como citar este artigo: Santos I, Colella-Santos MF, Couto CM. Sound pressure level generated by individual portable sound equipment. Braz J Otorhinolaryngol. 2014;80:41-7.

* Autor para correspondência.

E-mail: izabella.santos@terra.com.br (I. Santos).

Materiais e métodos: Trata-se de uma pesquisa experimental. Para tanto, foram feitas medições em 54 orelhas de 27 jovens com idades entre 18 e 30 anos, com os dois tipos de fones. Também foram registrados picos de ressonância da orelha externa com e sem fone.

Resultados: Observou-se que o fone de inserção anatômico apresenta aumento do nível de pressão sonora estatisticamente significativa em comparação com o fone de inserção para todas as frequências avaliadas. Não há uma correlação entre o novo pico de ressonância do meato fechado e a frequência na qual se obteve os maiores níveis de pressão sonora com o fone. Observou-se diferença estatisticamente significativa entre orelhas para algumas frequências com os diferentes fones.

Conclusão: O fone de inserção anatômico gera um maior nível de pressão sonora que o fone de inserção.

© 2014 Associação Brasileira de Otorrinolaringologia e Cirurgia Cérvico-Facial. Publicado por Elsevier Editora Ltda. Todos os direitos reservados.

Introdução

A audição é um sistema sensorial de fundamental importância para o ser humano, o qual vive em uma sociedade imersa em sons e baseada na comunicação oral.

Cada vez mais se observa que o sistema auditivo das pessoas está exposto a altos níveis de pressão sonora, principalmente pelas mudanças nos hábitos sociais, tais como ida a festas com som amplificado, audição de sons em carros, uso de equipamentos portáteis sonoros individuais, entre outras. A parcela da população que mais se expõe com a esse som amplificado são os jovens, que, inseridos na sociedade atual, não sabem viver no silêncio e consideram normais os sons amplificados.¹

A revolução tecnológica muito ajudou na aquisição desses novos hábitos pela sociedade, lançando no mercado equipamentos que permitem ao homem alterar suas vivências. Um bom exemplo se deve à evolução tecnológica em relação aos equipamentos que possibilitam a amplificação de sons. Antigamente, o rádio era o único meio de comunicação pelo qual as pessoas tomavam conhecimento das notícias. Com o tempo, este foi evoluindo, desde o rádio a pilha até os dias atuais, quando as pessoas podem ouvir a programação do rádio ou as suas músicas prediletas em qualquer ambiente utilizando fones de ouvido, sem que este ato afete aqueles que estão ao seu redor, uma vez que o som sai do fone e dirige-se diretamente para o ouvido do usuário. Essa atitude cotidiana de ouvir música sempre e em qualquer lugar caracteriza o comportamento contemporâneo.²

A revolução tecnológica foi tão abrangente que melhorou não apenas os equipamentos que permitem a transmissão desse sinal sonoro como também a qualidade dos fones para o que o sinal não sofra distorção até atingir o sistema auditivo. Contudo, com a facilidade e a tecnologia, muitos jovens acabam por usar seus equipamentos por longos períodos de tempo, em intensidades sonoras demasiadamente altas, sem se preocupar se esse hábito pode ou não prejudicar o sistema auditivo em longo prazo.

Muitas pesquisas mostram que o uso de equipamentos portáteis sonoros individuais, como aparelhos de MP3 e iPods, fazem com que haja uma redução nos limiares auditivos da população juvenil, assim como o surgimento precoce de sintomas auditivos tais como zumbido e problemas de compreensão.³⁻⁶

Essa preocupação atinge a todos. A lei número 11.291, de 26 de abril de 2006,⁷ obriga que os fabricantes de equi-

pamentos portáteis sonoros individuais informem seus clientes de que o uso do equipamento acima de 85 dB pode acarretar dano ao sistema auditivo. Contudo, muito mais do que avisos em produtos, é necessário que os usuários desses equipamentos tenham consciência do risco que correm.

A Norma Reguladora 15 (NR 15),⁸ que trata da medicina e da segurança do trabalho, em especial da exposição dos trabalhadores ao ruído, afirma que o período máximo permitível para uma exposição a 85 dBA é de oito horas. Conforme ocorre um aumento no nível de intensidade sonora, o tempo de exposição ao ruído tem que diminuir (a cada 5 dB de aumento, o tempo cai para a metade). Além disso, de acordo com a mesma lei, o indivíduo que se expõe a um ruído de 85 dBA, deve fazer uso de equipamentos individuais de proteção (EPI), a fim de preservar seu sistema auditivo. Contudo, os equipamentos portáteis sonoros individuais podem atingir facilmente níveis acima do recomendado. Pesquisas mostram que tais equipamentos podem chegar a até 130 dB, o equivalente ao nível de pressão sonora gerado por uma britadeira. Paralelamente, o volume máximo permitido de 85 dB corresponde a 65% do total do equipamento. Com base nestes estudos⁹ e em outros que afirmam que quase 90% dos jovens avaliados utilizam seus equipamentos no máximo,⁶ é possível inferir que os jovens ultrapassam os níveis de pressão sonora recomendados, podendo lesionar o seu sistema auditivo.

Santos e Couto¹⁰ observaram, em sua pesquisa com jovens, que estes utilizam seus equipamentos em média por 1,83 horas ao dia, com um volume médio de 70% do total do equipamento. Porém, nessa mesma pesquisa, observou-se, por meio de mensuração com microfone sonda, que tais equipamentos podem chegar a picos de 100 dB.

Especificamente sobre o uso de equipamentos portáteis sonoros individuais, uma questão deve ser levantada: será que o fone utilizado favorece a uma maior amplificação no som gerado pelo equipamento? O uso do fone de ouvido faz com que os jovens tenham que se preocupar mais em relação ao nível de pressão sonora a que estão expostos, uma vez que, estando o fone dentro da orelha do indivíduo, este acaba amplificando ainda mais os sons que dele saem. Além do nível de pressão sonora ser inversamente proporcional ao volume da orelha externa, esta, devido ao seu formato, funciona como um tubo de ressonância.¹¹ Assim sendo, os níveis de pressão sonora que saem desses equipamentos e que são medidos por meio de decibelímetros são, na verdade, superiores quando medidos dentro da orelha dos jovens, próximo

à membrana timpânica, uma vez que o canal auditivo tem a função de amplificar o som.¹²

Atualmente existem no mercado os fones auriculares (externos), os fones de inserção, que são feitos de material rígido e localizam-se na porção mais anterior do meato acústico externo, e os fones de inserção anatômicos, que recebem uma oliva de silicone, tornando-os mais flexíveis. Estes últimos podem ser utilizados mais internamente no ouvido, favorecendo a que sons externos não mascarem o som desejado. Provavelmente pela inserção destes fones mais para dentro do meato acústico externo há uma alteração no volume da orelha externa, o que faz com que o som seja mais amplificado do que no primeiro momento.¹¹

Algumas pesquisas,¹³ ao avaliarem os diferentes fones de ouvido e a intensidade sonora a que estes podem chegar, observaram que os níveis de saída do fone *earbud style* (inserção) possuem em média 5,5 dB a mais do que os níveis de saída do fone supra-aural (concha) quando se eleva o ruído do meio em que a pessoa está inserida. Farina e Romagnosi⁵ desenvolveram uma orelha artificial e, com a ajuda de um microfone sonda que era colocado no ouvido artificial, foram realizadas mensurações a fim de verificar a diferença dos níveis de pressão sonora entre equipamentos, as quais atingiram valores de 60 a 100 dBA (média de 90 dBA). De acordo com os pesquisadores, esses valores são alarmantes, uma vez que podem colocar em risco a audição humana, sendo necessário, portanto, ou minimizar o tempo de uso (alguns equipamentos podem ser utilizados apenas alguns minutos por dia) ou reduzir o volume.

Assim sendo, esta pesquisa teve como objetivo verificar a diferença de pressão sonora quando os jovens fazem uso de equipamentos com fone de inserção anatômico (FIA) e com fone de inserção (FI), ou seja, comparar os níveis de intensidade sonora obtidos em cada orelha quando expostas a um mesmo sinal de entrada e verificar se há diferenças estatisticamente significativas entre elas. Além disso, investiga-se se há correlação entre o pico de intensidade com o fone de inserção anatômico e a frequência de ressonância da orelha externa.

Materiais e métodos

Casuística

Participaram desta pesquisa 27 jovens com idades entre 18 e 30 anos, dos quais 29,63% (8 sujeitos) eram do sexo masculino e 70,37% (19 sujeitos) eram do sexo feminino, apresentando uma idade média de 23 anos. Destes, nenhum possuía impedimento no meato acústico externo (MAE) para a realização do exame. Foram excluídos da pesquisa universitários com idade inferior a 18 anos ou superior a 30 anos ou que tinham impedimento no meato acústico externo para realização dos exames.

Equipamentos

Para a realização da presente pesquisa foi utilizado um equipamento de mensuração com microfone sonda, o Affinity - Hearing Aid Analyzer (Interacoustics). O conjunto é

dotado de uma unidade central (hardware) conectada a um computador, um sistema de microfones (um de referência e um microfone sonda com um diâmetro interno de 1,8 mm), um compressor de alta resolução ligado a um alto-falante, um monitor de vídeo e uma impressora para registro dos resultados. O equipamento produz um sinal em campo livre pelo alto-falante, e um microfone de referência assegura que o nível de pressão sonora inicialmente ajustado permaneça inalterado durante toda a mensuração. Ele possibilita a realização do exame na faixa de frequência de 125 a 8000 Hz, com uma opção de resolução de frequência de 12 ou 24 passos/oitava. A precisão das frequências registradas é de $\pm 3\%$. Para a realização do teste, será desligado o auto-falante do equipamento e será utilizada uma música gerada pelo dispositivo eletrônico do paciente. O equipamento possui uma faixa de intensidade de teste de 40-90 dBNPS com precisão de $\pm 1,5$ dB e distorção harmônica do estímulo menor do que 1%. A faixa de intensidade medida com o microfone sonda é de 40 a 140 dBNPS, com incerteza de ± 2 dB.

O dispositivo sonoro utilizado foi o MP4 player da marca Philips, o fone de inserção (FI) da marca Sony (fig. 1) e o fone de inserção anatômico (FIA) da marca Sony (fig. 2). Utilizou-se também um paquímetro analógico para mensurar, em milímetros, o quanto o fone de inserção anatômico entra na orelha externa, tomando como ponto inicial o trágus.



Figura 1 Fone de inserção (FI).



Figura 2 Fone de inserção anatômico (FIA).

Procedimentos

A pesquisa contou com a colaboração de voluntários. Primeiramente, os sujeitos receberam informações sobre o estudo e assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. É válido ressaltar que este projeto foi apresentado ao Comitê da Instituição, sendo aprovado sob número 229/2008. Além disso, o projeto encontra-se adequado à Resolução CNS/MS 196/96.

Primeiramente foi realizada a inspeção do meato acústico externo, a fim de verificar se os participantes não apresentavam alterações de orelha média. Em seguida, com o objetivo de se obter o nível de pressão sonora do equipamento sonoro portátil individual, foram realizadas mensurações em cada orelha com microfone sonda. Os indivíduos foram posicionados a 40 cm do alto-falante a 0° azimute. O microfone sonda foi introduzido no meato acústico externo a uma profundidade de inserção de aproximadamente 27 mm a partir do trágus, o que garantiu o posicionamento do microfone sonda a uma distância de cerca de 8 mm da membrana timpânica. Primeiramente foi realizada a pesquisa da curva de ressonância da orelha externa de cada sujeito. Com o microfone sonda posicionado dessa forma, foi traçada uma curva de nível de pressão sonora do estímulo proveniente do equipamento sonoro portátil individual de cada universitário. Em todos os sujeitos seguiu-se a seguinte ordem de coleta de dados: 1) FI na orelha direita; 2) FI na orelha esquerda; 3) FIA na orelha direita; 4) FIA na orelha esquerda.

A caracterização do estímulo utilizado se deu seguindo os dados obtidos na pesquisa de Santos e Couto.10 Para realização das medidas, foi utilizada uma música do estilo rock n' roll como estímulo. A música escolhida foi "I Love Rock n' Roll", do grupo AC/DC. Além disso, o volume se manteve constante durante todas as medições, sendo utilizados 70% do total do equipamento.

Em relação à mensuração com microfone sonda é importante ressaltar que o equipamento utilizado nesta pesquisa fornecia os valores de intensidade alcançados em cada frequência e não uma média quadrática entre todos os valores obtidos (todas as frequências pesquisadas) como é possível se obter com o uso de outros equipamentos que existem no mercado. Assim, utilizou-se os picos de intensidade e os valores obtidos por frequência para se fazer as correlações estatísticas.

É válido ressaltar que após a primeira medição em cada orelha o fone foi retirado com o cuidado de não movimentar o microfone sonda. Assim, foi introduzido o FIA e mediu-se, com a ajuda de um paquímetro, a distância entre o início do fone e o trágus do indivíduo. Com base nesta medida (em milímetros) e com o pico de ressonância obtido no início do exame, foi calculado o novo pico de ressonância da orelha, uma vez que ela teve seu tamanho reduzido pela introdução do fone.

Assim sendo, utilizou-se a fórmula apresentada na figura 3. Obtendo-se o valor do comprimento do meato acústico externo, retirou-se deste o tamanho do fone, obtido por meio de medição com paquímetro, e aplicou-se novamente a fórmula, a fim de achar a nova frequência de ressonância.

Estes dados foram utilizados no tratamento estatístico a fim de verificar se há relação entre os picos de intensidade obtidos com o microfone sonda durante a audição das músicas e o pico de ressonância do ouvido.

As avaliações envolvidas nesta pesquisa são descritas na literatura como métodos não invasivos e indolores para o paciente. Tais procedimentos são controlados pelo próprio equipamento, de acordo com padrões de segurança preestabelecidos de modo a não causar lesão ao sistema auditivo.

Análise dos dados

Foi realizada uma avaliação quantitativa e estatística dos dados. Para comparação do nível de pressão sonora entre os dois fones, entre as duas orelhas e ambos os sexos, foi utilizada a análise de variância para medidas repetidas (ANOVA for repeated measures) para dois fatores de medidas repetidas, seguida do teste de perfil por contrastes, para analisar a pressão entre os aparelhos e os lados, e do teste de Tukey, para comparação entre os sexos. As variáveis foram transformadas em postos (ranks) devido à ausência de distribuição normal.

Para analisar a relação entre as variáveis numéricas foi utilizado o coeficiente de correlação de Spearman, devido à ausência de distribuição normal das variáveis. O nível de significância adotado para os testes estatísticos foi de 5%, ou seja, $P < 0,05$. Os resultados que mostraram diferença estatisticamente significativa foram destacados em negrito.

Resultados

Primeiramente foram analisados os resultados por frequência obtidos em cada um dos sexos com cada um dos fones utilizados: FI e FIA (figs. 4 e 5).

A figura 6 mostra os picos de intensidade obtidos com cada um dos fones (FI e FIA). A figura 7 apresenta os picos de ressonância obtidos sem o fone e o novo pico de ressonância calculado a partir da medida do fone de inserção dentro do meato acústico externo.

A tabela 1 apresenta os resultados da ANOVA para as medidas repetidas para comparação do nível de pressão

$$f = \frac{v_s}{\lambda} \text{ onde } \lambda = 4l$$

Figura 3 Fórmula da velocidade do som. f frequência de ressonância; v_s , velocidade do som; l comprimento do meato acústico externo.

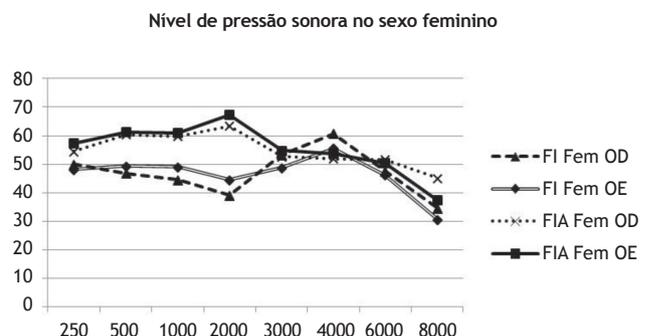


Figura 4 Nível de pressão sonora com os dois fones e nas duas orelhas no sexo feminino. Fem, sexo feminino; OD, orelha direita; OE, orelha esquerda.

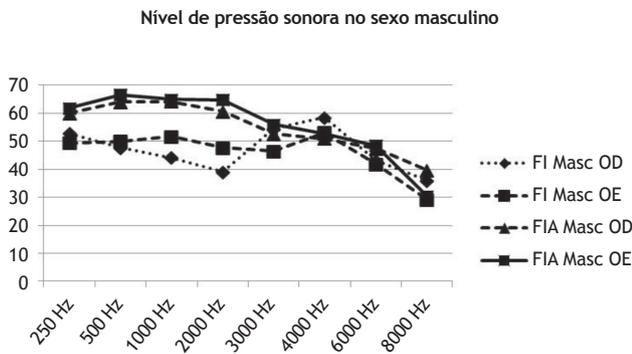


Figura 5 Nível de pressão sonora com os dois fones e nas duas orelhas no sexo masculino. Masc, sexo masculino; OD, orelha direita; OE, orelha esquerda.

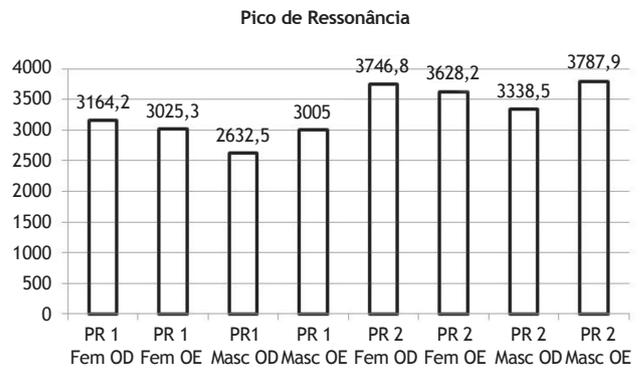


Figura 7 Picos de ressonância. PR1, pico de ressonância com orelha aberta; PR2, pico de ressonância fazendo uso do FIA.

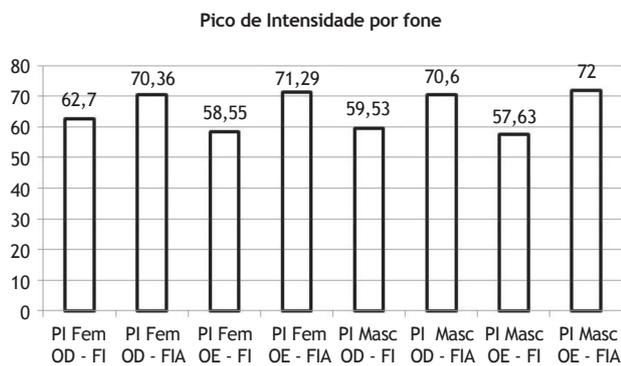


Figura 6 Pico de intensidade em cada fone. Fem, sexo feminino; Masc, sexo masculino; OD, orelha direita; OE, orelha esquerda.

sonora entre os dois fones (FI e FIA), as duas orelhas e ambos os sexos. Esses resultados são dados para cada frequência avaliada. É válido relembrar que os resultados que mostraram diferença estatisticamente significativa encontram-se em negrito na tabela. A tabela 2 apresenta os resultados da ANOVA para as medidas repetidas para comparação do nível de pressão sonora entre os dois fones (FI e FIA), os dois lados e ambos os sexos. Esses resultados foram comparados com os valores obtidos com os picos de frequência (PF), pico de intensidade (PI) e pico de ressonância obtida (PR1 e PR2).

A tabela 3 apresenta os resultados da correlação entre o pico de ressonância calculado a partir da medida do fone de inserção anatômico dentro do meato acústico externo e o pico de frequência na qual se observou maior nível de pressão sonora.

Tabela 1 Resultados das ANOVAs para medidas repetidas para comparação (nível de pressão sonora entre fones, lados e sexos) considerando-se as frequências testadas

Comparações ^a	Frequência 250 Hz	Frequência 500 Hz	Frequência 1000 Hz	Frequência 2000 Hz	Frequência 3000 Hz	Frequência 4000 Hz	Frequência 6000 Hz	Frequência 8000 Hz
Comparação entre sexos (M vs F)	p = 0,019	p = 0,054	p = 0,046	p = 0,381	p = 0,837	p = 0,281	p = 0,004	p = 0,034
Comparação entre fones (FI vs FIA)	p < 0,001	p < 0,001	p < 0,001	p < 0,001	p < 0,001	p < 0,001	p < 0,001	p < 0,001
Comparação entre lados (D vs E)	p = 0,536	p = 0,026	p = 0,001	p < 0,001	p = 0,007	p = 0,196	p = 0,688	p < 0,001
Interação fone vs sexo	p = 0,267	p = 0,204	p = 0,401	p = 0,020	p = 0,971	p = 0,959	p = 0,805	p = 0,012
Interação lado vs sexo	p = 0,581	p = 0,705	p = 0,235	p = 0,597	p = 0,234	p = 0,593	p = 0,769	p = 0,189
Interação fone vs lado	p = 0,005	p = 0,368	p = 0,002	p = 0,318	p < 0,001	p = 0,002	p = 0,912	p = 0,448
Interação fone vs lado vs sexo	p = 0,776	p = 0,696	p = 0,132	p = 0,286	p = 0,391	p = 0,785	p = 0,875	p = 0,865

M, sexo masculino; F, sexo feminino; D, orelha direita; E, orelha esquerda.

^a Variáveis transformadas em postos (ranks) para os testes devido à ausência de distribuição normal.

Tabela 2 Resultados das ANOVAs para medidas repetidas para comparação (nível de pressão sonora entre fones, lados e sexos) considerando-se PF, PI, PR1 e PR2

Comparações ^a	PF	PI	PR1	PR2
Sexo M × F	p = 0,191	p = 0,401	p = 0,041	p = 0,569
Fones (FI × FIA)	p < 0,001	p < 0,001	-	-
OD × OE	p = 0,144	p = 0,222	p = 0,364	p = 0,336
Fone × sexo	p = 0,253	p = 0,220	-	-
Lado × sexo	p = 0,816	p = 0,203	p = 0,043	p = 0,150
Fone × lado	p = 0,277	p = 0,023	-	-
Fone × lado × sexo	p = 0,631	p = 0,772	-	-

M, sexo masculino; F, sexo feminino; D, orelha direita; E, orelha esquerda; PF, pico de frequência de ressonância; PI, pico de intensidade da ressonância; PR1, primeira medida do pico de ressonância; PR2, segunda medida do pico de ressonância.

^a Variáveis transformadas em postos (ranks) para os testes devido à ausência de distribuição normal.

Tabela 3 Correlação entre variáveis numéricas*

	FIA PF OD	FIA PF OE
PR2 OD	p = 0,9049	-
PR2 OE	-	p = 0,3679

*Correlação de Spearman.

Discussão

O uso de equipamentos portáteis sonoros individuais tem se tornado cada vez mais comum entre jovens, os quais os utilizam com seus respectivos fones em diversos locais. O uso do fone de ouvido possibilita que o jovem ouça sua música sem que aqueles que estão ao seu redor sejam incomodados. Dentro desse cenário, houve uma revolução tecnológica em relação aos fones de ouvido. Antigamente, os mais utilizados eram os fones de inserção (FI), os quais eram feitos de um material resistente e em tamanho único independentemente do usuário. Recentemente surgiram no mercado os fones de inserção anatômicos (FIA), que são feitos de silicone e permitem ao usuário trocar sua capa externa, possibilitando uma adequação ao tamanho do meato acústico do usuário. Devido a esses fatores, este último fone tende a adentrar mais no meato acústico externo, alterando, portanto o tamanho deste e, conseqüentemente, a frequência de ressonância da orelha externa. É válido ressaltar que ambos os fones alteram a ressonância, contudo, o FIA altera o comprimento e a situação de contorno do meato acústico externo, gerando maiores alterações para a ressonância da orelha externa.

A orelha externa, por sua vez, tem fisiologicamente a função de amplificação do som. Um estudo¹⁴ mostra que a maior faixa de amplificação do som pela orelha externa sem

oclusão, em crianças, está em média em 2937,56 Hz, variando entre 2180,00 e 4407,00 Hz. Os dados médios obtidos no presente estudo encontram-se acima dos obtidos naquele anteriormente citado; no entanto, os valores encontram-se dentro do intervalo observado em tal estudo (figs. 4 e 5). Observou-se que os picos de ressonância obtidos são, em média: 3164,2 Hz na orelha direita e 3025,3 Hz na orelha esquerda para o sexo feminino; e 2632,5 Hz na orelha direita e 3005 Hz na orelha esquerda para o sexo masculino.

Quando comparados os níveis de pressão sonora entre o FI e o FIA, foi demonstrado que há uma diferença estatisticamente significativa (figs. 4 e 5) para ambos os sexos e para as duas orelhas. O FIA apresenta níveis de pressão sonora mais elevados do que o FI. Essa diferença foi observada para todas as frequências avaliadas, exceto a frequência de 4000 Hz, e para os picos de intensidade observados.¹⁴ Tal fato já era esperado, uma vez que, de acordo com as leis da física, quando se compara uma mesma pressão em dois volumes, esta tende a ser maior quanto menor for o volume. Assim sendo, com o uso do FIA, que diminui o volume da orelha externa, ocorre um aumento do nível de pressão sonora, maior do que o obtido durante o uso do FI.

Além de avaliar os níveis de pressão sonora, foram avaliadas também as frequências nas quais os maiores níveis de pressão sonora foram observados (figs. 6 e 7). Ao utilizar o FI, o pico de frequência no qual ocorre o maior nível de pressão sonora fica entre 3000 e 3600 Hz. Contudo, ao fazer a mesma mensuração com o FIA, foi possível observar que o pico de frequência fica entre 1300 e 1700 Hz. Acreditava-se que, pelo volume menor, o pico de ressonância seria mais agudo, o que não foi observado no estudo. Tal fato pode estar relacionado à faixa de frequência do próprio fone. Outros fatores podem estar influenciando os resultados obtidos, como por exemplo a faixa de frequência com a qual o fone opera, que pode influenciar no pico máximo de pressão sonora obtida. No entanto, não foi possível obter tais dados técnicos do fone utilizado junto ao fabricante. Quando comparado o pico de frequência e de intensidade com os dois fones, foi possível observar que há uma diferença estatisticamente significativa.

Quando comparados os níveis de pressão sonora obtidos com os dois fones entre os sexos feminino e masculino é possível observar que há uma diferença estatisticamente significativa nas frequências baixas (250 e 1000 Hz), mostrando que o sexo masculino apresentara maiores níveis de pressão sonora que o feminino. Observou-se também uma diferença estatisticamente significativa nas frequências altas (6 e 8 kHz), mostrando que o sexo feminino apresenta maiores níveis de pressão sonora que o masculino (figs. 4 e 5). Isso se deve principalmente ao fato de o pico de ressonância feminina estar mais deslocado para as frequências altas do que o pico de ressonância encontrado no sexo masculino, o que ocorre porque o comprimento do meato acústico externo das mulheres é menor do que o dos homens, fazendo com que o pico de ressonância se torne mais agudo.¹⁵

O resultado quanto à diferença das ressonâncias feminina e masculina em relação à orelha aberta é comprovado ao se realizar o teste estatístico ANOVA (tabela 1) entre os resultados obtidos para a variável frequência de ressonância para cada sexo. Ou seja, tal teste mostra que há uma diferença para a frequência de ressonância do meato entre os sexos.

Em relação às orelhas, quando comparados os níveis de pressão sonora obtidos com os diferentes fones, observou-se que há uma diferença estatisticamente significativa para algumas frequências (tabela 1). Nesses casos, o lado esquerdo sempre apresentou maiores níveis de pressão sonora do que o lado direito. Essa diferença não ocorre quando associamos a esta relação a variável sexo. Poderíamos inferir que essa diferença poderia ocorrer devido à disparidade de tamanho entre as orelhas, que seria compensada pela diferença de tamanho entre os sexos. Apesar de não haver uma diferença anatômica significativa entre os dois lados, estudos^{16,17} que avaliam o desempenho das duas orelhas em alguns exames mostram que há uma diferença entre ambas, sendo que sempre a orelha esquerda apresenta piores resultados do que a orelha direita.

Quando correlacionado à frequência na qual se obteve o pico máximo de pressão sonora e à nova frequência de ressonância observou-se que não há uma correlação positiva entre ambas. Isso provavelmente se deu uma vez que o FI amplifica o som como um todo e não uma frequência específica isolada. Outra justificativa possível para tal acontecimento se deve ao tamanho amostral, ou seja, é necessário que novas pesquisas com um número amostral maior sejam realizadas a fim de verificar se essa correlação se mantém ausente.

Conclusão

Há uma diferença estatisticamente significativa entre os fones avaliados, mostrando que o FIA apresenta maiores níveis de pressão sonora que o FI para todas as frequências avaliadas.

Não foi observada correlação entre a frequência na qual se obteve os maiores níveis de pressão sonora com o FIA e o pico de ressonância do meato fechado.

Observou-se diferença estatisticamente significativa entre as orelhas para algumas frequências avaliadas.

Conflitos de interesse

Os autores declaram não haver conflitos de interesse.

Referências

1. Lacerda ABM, Gonçalves CGO, Zocoli AMF, Diaz C, Paula K. Hábitos auditivos e comportamento de adolescentes diante das atividades de fazer ruidosas. *Rev Cefac*, 2011;13:322-9.
2. Castro GGS. Para pensar o consumo da música digital. *Revista FAMECOS*. 2005;28:30-6.
3. Bhagat SP, Davis AM. Modification of otoacoustics emissions following ear-level exposure to MP3 player music. *Int J Audiol*. 2008;47:751-60.
4. Borjas ALV, Sousa BFE, Ramos MM, Araujo RPC. O que os jovens adolescentes sabem sobre perda induzidas pelo excesso de ruído?. *R Ci Med Biol*. 2002;1:86-98.
5. Farina A, Romagnosi GD. A study of hearing damage caused by personal MP3 players. Paper presented at Audio Engineering Convention. New York. 2007.
6. Russo ICP, First D, Abut NDB. El uso de stereo personal: el conocimiento y la conciencia de los adolescents. *Fonoaudiologica*. 2009;55:22-37.
7. BRASIL. Presidência da Republica. Dispõe sobre a inclusão nos locais indicados de aviso alertando sobre os malefícios resultantes do uso de equipamentos de som em potência superior a 85 (oitenta e cinco) decibéis. Lei 11291 de 26 de abril de 2006.
8. BRASIL. Ministério do Trabalho. Limite de tolerância. Portaria 3214 de 08 de junho de 1978 -NR 15 - anexo 11.
9. Swensson JRP, Swensson RP, Swensson RC. Ipod, mp3 players e a audição. *Rev Fac Cienc Med Sorocaba*. 2009;11:4-5.
10. Santo I, Couto CM. Emissões otoacústicas e hábitos auditivos de universitários que fazem uso de equipamentos sonoros portáteis individuais [Monograph]. Campinas: Faculdade de Ciências Médicas da Universidade Estadual de Campinas; 2009.
11. Couto CM, Carvallo RMM. O efeito das orelhas externa e média nas emissões otoacústicas. *Braz J Otorhinolaryngol*. 2009;75:15-23.
12. Fligo B, Meinke, D. Safe listening myths for personal music players. *The ASHA Leader*. 2009.
13. PORTNUFF CDF, FLIGOR BJ. Output levels of portable digital music players.[cited 19 Dec 2011]. Available from: <http://www.hearingconservation.org/docs/virtualpressroom/portnuff.html>.
14. Anton H, Bivens I, Davis S. Aplicações da integral definida na geometria, ciências e na engenharia. *Cálculo*. 2005;1:442-96.
15. Bortholuzzi SMF, Albernaz PLM, Iorio MCM. Ressonância da orelha externa em crianças. *Rev Bras Med Otorrinolaringol*. 1995;2:171-8.
16. Kahari K, Zachau G, Eklof M, Sandfo L, Moller C. Assessment of hearing and hearing disorders in rock/jazz musicians. *Int J Audiol*. 2003;42:279-88.
17. Harger MRHC, Barbosa-Branco A. Efeitos auditivos decorrentes da exposição ocupacional ao ruído em trabalhadores de marmararias no Distrito Federal. *Rev Ass Med Bras*. 2004;50:396-9.