



ARTIGO ORIGINAL

Electroacoustic verification of frequency modulation systems in cochlear implant users[☆]



Vanessa Luisa Destro Fidêncio^{a,*}, Regina Tangerino de Souza Jacob^a,
Liége Franzini Tanamati^b, Érika Cristina Bucuvic^b e Adriane Lima Mortari Moret^a

^a Universidade de São Paulo (USP), Faculdade de Odontologia de Bauru (FOB), Departamento de Fonoaudiologia, Bauru, SP, Brasil

^b Universidade de São Paulo (USP), Hospital de Reabilitação de Anomalias Crânio-Faciais (HRAC), Bauru, SP, Brasil

Recebido em 21 de agosto de 2017; aceito em 26 de novembro de 2017

Disponível na Internet em 21 de fevereiro de 2018

KEYWORDS

Cochlear implant;
Assistive technology;
Speech perception;
Pediatric

Abstract

Introduction: The frequency modulation system is a device that helps to improve speech perception in noise and is considered the most beneficial approach to improve speech recognition in noise in cochlear implant users. According to guidelines, there is a need to perform a check before fitting the frequency modulation system. Although there are recommendations regarding the behavioral tests that should be performed at the fitting of the frequency modulation system to cochlear implant users, there are no published recommendations regarding the electroacoustic test that should be performed.

Objective: Perform and determine the validity of an electroacoustic verification test for frequency modulation systems coupled to different cochlear implant speech processors.

Methods: The sample included 40 participants between 5 and 18 year's users of four different models of speech processors. For the electroacoustic evaluation, we used the Audioscan Verifit device with the HA-1 coupler and the listening check devices corresponding to each speech processor model. In cases where the transparency was not achieved, a modification was made in the frequency modulation gain adjustment and we used the Brazilian version of the "Phrases in Noise Test" to evaluate the speech perception in competitive noise.

Results: It was observed that there was transparency between the frequency modulation system and the cochlear implant in 85% of the participants evaluated. After adjusting the gain of the frequency modulation receiver in the other participants, the devices showed transparency when the electroacoustic verification test was repeated. It was also observed that patients demonstrated better performance in speech perception in noise after a new adjustment, that is, in these cases; the electroacoustic transparency caused behavioral transparency.

DOI se refere ao artigo: <https://doi.org/10.1016/j.bjorl.2017.11.001>

[☆] Como citar este artigo: Fidêncio VL, Jacob RT, Tanamati LF, Bucuvic ÉC, Moret AL. Electroacoustic verification of frequency modulation systems in cochlear implant users. Braz J Otorhinolaryngol. 2019;85:162–9.

* Autor para correspondência.

E-mail: vanessa.destrof@gmail.com (V.L. Fidêncio).

A revisão por pares é da responsabilidade da Associação Brasileira de Otorrinolaringologia e Cirurgia Cérvico-Facial.

Conclusion: The electroacoustic evaluation protocol suggested was effective in evaluation of transparency between the frequency modulation system and the cochlear implant. Performing the adjustment of the speech processor and the frequency modulation system gain are essential when fitting this device.

© 2017 Associação Brasileira de Otorrinolaringologia e Cirurgia Cérvico-Facial. Published by Elsevier Editora Ltda. This is an open access article under the CC BY license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

PALAVRAS-CHAVE

Implante coclear;
Tecnologia assistiva;
Percepção da fala;
Pediatria

Verificação eletroacústica de sistemas de frequência modulada em usuários de implante coclear

Resumo

Introdução: O sistema de frequência modulada é um dispositivo que ajuda a melhorar a percepção da fala no ruído, e é considerado a abordagem mais benéfica para melhorar o reconhecimento da fala no ruído em usuários de implantes cocleares. De acordo com as diretrizes, é necessário realizar uma verificação no momento da adaptação do sistema de frequência modulada. Embora existam recomendações sobre os testes comportamentais a serem realizados na adaptação do sistema de frequência modulada para usuários de implantes cocleares, não há recomendações publicadas sobre o teste eletroacústico que deve ser realizado.

Objetivo: Realizar e validar um teste de verificação eletroacústica para sistemas de frequência modulada acoplados a diferentes processadores de fala de implante coclear.

Método: A amostra incluiu 40 participantes com idades entre cinco e 18 anos, usuários de quatro modelos de processadores de fala. Para a avaliação eletroacústica, utilizou-se o dispositivo Audioscan Verifit com o acoplador HA-1 e os dispositivos de verificação de escuta correspondentes a cada modelo de processador de fala. Nos casos em que a transparência não foi alcançada, foi realizada uma modificação no ajuste do ganho do sistema de frequência modulada e, em seguida, aplicou-se a versão brasileira do "Phrases in Noise Test" para avaliar a percepção da fala com ruído competitivo.

Resultados: Observou-se que houve transparência entre o sistema de frequência modulada e o implante coclear em 85% dos participantes avaliados. Depois de ajustar o ganho do receptor do sistema de frequência modulada nos outros participantes, os dispositivos mostraram transparência quando o teste de verificação eletroacústica foi repetido. Observou-se também um melhor desempenho na percepção da fala no ruído após um novo ajuste, ou seja, nesses casos a transparência eletroacústica resultou em transparência comportamental.

Conclusão: O protocolo de avaliação eletroacústica sugerido foi eficaz para avaliar a transparência entre o sistema de frequência modulada e o implante coclear. A realização do ajuste do processador de fala e o ganho do sistema de frequência modulada são essenciais no momento da adaptação deste dispositivo.

© 2017 Associação Brasileira de Otorrinolaringologia e Cirurgia Cérvico-Facial. Publicado por Elsevier Editora Ltda. Este é um artigo Open Access sob uma licença CC BY (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Introdução

De janeiro de 1992 a janeiro de 2017, foram feitas 7.893 cirurgias de implante coclear nos serviços credenciados do Sistema Unificado de Saúde (SUS) no Brasil.¹ Nesse período, os fabricantes de dispositivos investiram em novas tecnologias com o objetivo de proporcionar a máxima eficácia e acessibilidade aos usuários, como as novas estratégias de processamento de sinal e tecnologias de microfone direcional, na tentativa de melhorar a percepção da fala no ruído.²⁻⁵ O sistema de frequência modulada (FM) é um dispositivo que permite a percepção da fala no ruído, reduz os efeitos prejudiciais da reverberação e a distância entre o orador e o ouvinte.^{6,7} Atualmente o sistema FM

é considerado a abordagem mais efetiva para melhorar o reconhecimento de fala no ruído em usuários de implantes cocleares.⁸

O sistema FM foi introduzido no SUS no Brasil em 25 de junho de 2013, através da Portaria n° 1.274,⁹ e destina-se a indivíduos entre cinco e 18 anos. Posteriormente, os serviços de saúde auditiva credenciados pelo SUS em todo o país foram preparados para fazer a adaptação do sistema FM.

Foram emitidas diretrizes para auxiliar os audiologistas na seleção, adaptação e verificação do sistema FM para crianças que necessitam de aparelhos auditivos.¹⁰ De acordo com essas diretrizes, é necessário executar uma verificação cuidadosa antes de adaptar o sistema de FM em crianças com deficiência auditiva. O teste eletroacústico recomendado

para aparelhos auditivos adota o conceito de transparência entre o sistema FM e o aparelho auditivo.

Embora existam recomendações sobre os testes comportamentais que devem ser feitos na adaptação do sistema FM para usuários de implantes cocleares,¹⁰ não há recomendações publicadas sobre o teste eletroacústico. De fato, há apenas um artigo que sugere a execução de um protocolo de verificação eletroacústica do sistema FM acoplado ao implante coclear para avaliar a transparência entre os dispositivos.¹¹

Considerando que cada criança com implante coclear tem seu próprio ritmo de desenvolvimento da linguagem oral, o qual está relacionado a fatores intrínsecos e extrínsecos, um número significativo de crianças pode ser incapaz de relatar o benefício de acoplar o sistema de FM ao implante coclear somente através de medidas comportamentais. Portanto, é necessário implantar um protocolo completo que inclua testes objetivos para verificação eletroacústica, a fim de obter-se o melhor uso e regular o dispositivo independentemente da resposta da criança.

Ao proporcionar um benefício real para o paciente, espera-se um aumento da adesão ao uso do sistema FM. Dessa forma, além dos benefícios individuais, a implantação de um protocolo completo também terá um impacto positivo nas políticas públicas de cuidados auditivos no Brasil. De fato, o sistema FM é um dispositivo caro e, portanto, é primordial que os serviços de saúde auditiva sejam capazes de fazer ajustes precisos de forma a evitar impactos negativos para os usuários e fundos públicos.

Método

O estudo foi feito no Hospital de Reabilitação de Anomalias Craniofaciais, Universidade de São Paulo, Bauru, São Paulo, Brasil, e foi iniciado após a aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa, conforme parecer nº 1.992.217.

Seleção de casos

A amostra incluiu 40 participantes, entre cinco e 18 anos, usuários dos seguintes processadores de fala: Harmony (15%), Opus 2 (60%), Freedom (7,5%) e Nucleus 5 (17,5%). Os participantes foram selecionados de acordo com a demanda de atendimentos do Hospital de Reabilitação de Anomalias Craniofaciais, local em que a pesquisa foi feita de novembro de 2015 a agosto de 2016. O pesquisador responsável pela coleta de dados visitou o local de pesquisa nos dias e horários em que houve solicitações de adaptação do sistema FM. Portanto, ele selecionou pessoalmente os participantes para o estudo e forneceu assistência clínica.

Foram estabelecidos os seguintes critérios de inclusão:

- Crianças entre cinco e 18 anos;
- Crianças com linguagem oral estabelecida ou em desenvolvimento;
- Usuários efetivos de implantes cocleares por pelo menos três anos;
- Sem outras deficiências associadas à audição.

Ajuste do processador de fala

Para a adaptação do sistema FM, os processadores de fala foram ajustados em relação ao *mix* de áudio, de acordo com as recomendações de Schafer e Wolfe.¹²

Ajuste do sistema FM

As avaliações foram feitas após a adaptação do sistema FM e todos os participantes receberam o transmissor FM Inspiron Premium, da marca Phonak. Todos os receptores instalados tinham acoplamento elétrico e variavam de acordo com o modelo do processador de fala. Os usuários dos processadores de fala Harmony e Opus 2 receberam o receptor universal MLxi, que foi acoplado ao primeiro com o dispositivo iConnect e ao último com a capa da bateria com entrada FM. Os usuários dos processadores de fala Freedom e Nucleus 5 receberam os receptores específicos, com o modelo Micro-link Freedom para o primeiro e o ML14i para o último.

Os receptores FM dos 40 participantes foram ajustados com o *software* Phonak FM SuccessWare, versão 4.6.3, que calcula automaticamente o ganho de acordo com o modelo do processador de fala. A [tabela 1](#) resume as configurações de ganhos usadas para cada modelo de processador de fala.

Avaliação eletroacústica

Foi feita uma avaliação eletroacústica em todos os 40 participantes. Para essa avaliação, usamos o dispositivo Audioscan Verifit com o acoplador HA-1 e os dispositivos de verificação auditiva correspondentes a cada modelo de processador de fala. Também usamos uma caixa de atenuação de sons feita com uma caixa de plástico revestida de espuma.

Com essa metodologia, o teste de verificação eletroacústica foi usado para avaliar a transparência entre o sistema FM e o implante coclear, como sugerido por Schafer et al.¹¹ O passo a passo do processo é apresentado nas [tabelas 2 e 3](#).

De acordo com o estudo acima mencionado, os dispositivos com diferença entre as médias das frequências avaliadas iguais ou inferiores a 3 dB foram considerados transparentes. Nos casos em que a transparência não foi alcançada, ou seja, quando a diferença entre as médias foi superior a 3 dB, foi feita uma modificação no ajuste do ganho de FM com o *software* Phonak FM SuccessWare.

Tabela 1 Ganho de FM recomendado para cada modelo de processador de fala calculado automaticamente pelo *software* Phonak FM SuccessWare, versão 4.6.3

Modelo de processador de fala	Marca	Ganho de FM recomendado
Harmony	Advanced Bionics	+ 10 dB
Freedom	Cochlear	0 dB
Nucleus 5	Cochlear	+ 2 dB
Opus 2	MED-EL	+ 10 dB

Tabela 2 Etapa 1: teste de avaliação eletroacústica passo a passo – somente IC

a	Conecte o processador de fala do IC no seu respectivo dispositivo de verificação auditiva
b	Coloque um lado do fone de ouvido (dispositivo de verificação auditiva) no acoplador HA-1 com uma massinha adesiva e coloque-os na caixa de teste Verifit
c	No Verifit, escolha: <i>test – test box measures – speechmap</i>
d	Coloque o processador de fala do IC na caixa de teste com o microfone ao lado do microfone de referência (Verifit)
e	Feche o equipamento e selecione a intensidade do estímulo em 65 dB SPL e o tipo de estímulo Speech-ISTS
f	Anote os valores obtidos nas frequências de 750, 1000 e 2000 Hz e calcule a média desses valores

Tabela 3 Etapa 2: teste de avaliação eletroacústica passo a passo – Sistema IC + FM

a	Ajuste o ganho do sistema FM (<i>software</i> da empresa)
b	Conecte o receptor do sistema FM ao dispositivo de verificação auditiva do processador de fala
c	Coloque o processador de fala na caixa de atenuação do som
d	Coloque o microfone do transmissor do sistema FM na caixa de teste (Verifit) perto do microfone de referência
e	No Verifit, escolha: <i>test – test box measures – speechmap</i>
f	Feche o equipamento e selecione a intensidade do estímulo em 65 dB SPL e o tipo de estímulo Speech-ISTS
g	Anote os valores obtidos nas frequências de 750, 1000 e 2000 Hz e calcule a média desses valores

Avaliação da percepção da fala

O teste de percepção da fala foi feito nos casos em que a transparência eletroacústica não foi alcançada e o ajuste do ganho do sistema FM precisou ser modificado para verificar se a transparência eletroacústica resultava em transparência comportamental. Isso foi feito porque não há outra maneira de comparar duas situações de teste de percepção de fala, pois o ajuste do ganho de FM não precisa ser modificado nos casos com transparência entre os dispositivos.

O teste usado para avaliar a percepção da fala nos casos em que a transparência não foi alcançada foi o *Phrases in Noise Test* (PINT) versão brasileira,¹³ porque é um dos testes indicados para a avaliação da percepção da fala com ruído competitivo em crianças pequenas e crianças que ainda desenvolvem a habilidade de linguagem oral.

A versão brasileira do teste PINT¹³ inclui 10 frases simples relacionadas a partes do corpo, apresentadas com uma intensidade fixa de 60 dB SPL e com intensidade de ruído de sala que variou de 45 a 72 dB SPL em escalas de 3 dB e oito

segundos de intervalo interestímulo. Dessa forma, o teste começa na relação sinal-ruído (SNR) descendente de +15 dB para -12 dB e termina em SNR ascendente de -12 dB a +15 dB.

Análise estatística

A análise estatística descritiva foi feita para todos os modelos e marcas dos implantes cocleares. A comparação dos resultados da avaliação eletroacústica entre diferentes marcas e modelos foi feita com a análise de variância (Anova). A comparação dos resultados da avaliação eletroacústica nas condições “somente implante” e “implante + FM” foi feita com o teste *t* pareado.

Os resultados do teste de percepção da fala não foram analisados estatisticamente devido ao pequeno tamanho da amostra. Assim, foi impossível concluir se a diferença entre as duas situações avaliadas era estatisticamente significativa. Portanto, optamos pela análise qualitativa desses resultados.

Resultados

A [tabela 4](#) resume os resultados do procedimento de verificação eletroacústica (avaliação de transparência). Detectamos transparência entre o sistema FM e o implante coclear em 34 (85%) dos 40 participantes. Os resultados que não demonstraram transparência são destacados em negrito na tabela.

Com base na Anova, não houve diferença estatisticamente significativa entre os valores de transparência (média nas diferentes marcas ($p = 0,545$) e modelos ($p = 0,327$)).

A [tabela 5](#) resume os resultados dos casos em que não houve transparência entre os dispositivos e os resultados após modificação do ajuste do ganho de FM com o *software* FM SuccessWare.

Depois de ajustar o ganho do receptor de FM, os dispositivos dos participantes 4, 15, 16 e 18 apresentaram transparência quando o teste de verificação eletroacústica foi repetido. Além disso, os participantes 4, 16 e 18 exibiram um melhor desempenho na percepção da fala no ruído após um novo ajuste; assim, nesses casos, a transparência eletroacústica resultou em transparência comportamental.

No caso do participante 15, o ganho de FM foi modificado e uma nova verificação eletroacústica foi feita. No entanto, a percepção da fala no ruído não pôde ser feita devido ao nível de desenvolvimento oral. Na verdade, o participante 15 não conseguiu fazer a versão brasileira do *Hearing in Noise Test* (HINT),¹⁴ que havia sido sugerido na metodologia inicial. Deve ser observado que a avaliação desse participante foi feita no início da coleta de dados e, portanto, antes do envio do pedido ao Comitê de Ética em Pesquisa que solicitou a inclusão do teste PINT¹³ na metodologia. O participante 15 não retornou ao serviço até o fim dessa aquisição de dados.

No caso do participante 33, que não obteve transparência eletroacústica do sistema FM acoplado ao implante coclear, a modificação no ajuste do ganho do receptor reduziu o ganho do sistema FM. O participante 33 usava o processador de fala Freedom, para o qual o fabricante do sistema FM Phonak recomenda que o ganho do receptor FM seja ajustado para 0 dB ([tabela 4](#)). Portanto, o ajuste do ganho de FM

Tabela 4 Resultados da avaliação eletroacústica

Participante	Modelo de processador de fala	Média do microfone do IC (dB)	Média do microfone do IC + FM (dB)	Diferença (dB)	
1	Harmony	74,6	75	0,4	
2		79	78	1	
3		78,3	80,3	2	
4		75	79,3	4,3	
5		87	85,3	1,7	
6		81,3	80,6	0,7	
7		Opus 2	72,6	75,6	3
8			67,6	69	1,4
9			71	74,6	3,6
10			72	75	3
11	73,3		71,3	2	
12	74		73,6	0,4	
13	78,6		77,3	1,3	
14	75,3		74,4	0,9	
15	68,6		64	4,6	
16	73		76,6	3,6	
17	64,6	67,3	2,7		
18	78,6	82	3,4		
19	72,6	75,3	2,7		
20	66	67,3	1,3		
21	77,3	78	0,7		
22	74	75	1		
23	70,6	72,6	2		
24	79,6	82	2,4		
25	54	53,6	0,4		
26	78	79,6	1,6		
27	78,6	80,6	2		
28	71,6	74,6	3		
29	70,6	71,6	1		
30	73	76	3		
31	Freedom	75,3	76,6	1,3	
32		73,6	76	2,4	
33		68,6	75	6,4	
34	Nucleus 5	71,3	68,6	2,7	
35		65,6	67,3	1,7	
36		73,3	70,3	3	
37		78,6	76,3	2,3	
38		69,6	72	2,4	
39		70	69,6	0,4	
40		84,3	82,6	1,7	

FM, Sistema de Frequência Modulada; IC, implante coclear.

afetou negativamente o benefício do sistema FM para esse participante.

O participante 9, que não obteve transparência eletroacústica do sistema FM acoplado ao implante coclear, não permaneceu tempo suficiente na rotina ambulatorial para fazer os procedimentos de ajuste de ganho de FM e teste de percepção de fala.

Discussão

Os resultados apresentados na [tabela 4](#) refletem a importância de fazer a verificação eletroacústica do sistema FM acoplado ao implante coclear, já que a transparência foi

alcançada em 85% dos casos. Esse resultado pode ser explicado devido ao ajuste rigoroso e completo dos processadores de fala e do ganho de FM. Embora os sistemas FM sejam conceitualmente simples em suas tecnologias e na manipulação, um dos maiores desafios para sua instalação é a necessidade de encontrar um equilíbrio adequado entre os ganhos desse sistema e aqueles do aparelho auditivo.¹⁰

A tecnologia do sistema FM superou as questões iniciais, como, por exemplo, se uma instalação mono é melhor do que a binaural, e atendeu às questões relacionadas aos ajustes feitos no processador de fala do implante coclear e no receptor do sistema FM durante a instalação.¹⁵ Um estudo em adultos que usam implantes cocleares unilaterais concluiu que o ganho do receptor FM tem o potencial de influenciar

Tabela 5 Descrição dos resultados antes e depois de novo ajuste de ganho de FM

P	Ganho inicial (dB)	Resultado da avaliação eletroacústica ^a (dB)	Percepção da fala no teste de ruído ^a (dB)	Ganho após ajuste (dB)	Resultado da avaliação eletroacústica ^b (dB)	Percepção da fala no teste de ruído ^b (dB)
4	+10	4,3	0	+8	1,7	-1,5
9	+10	3,6	-	-	-	-
15	+10	4,6	-	+12	1,3	-
16	+10	3,6	+6	+8	2	-1,5
18	+10	3,4	0	+8	0,3	-1,5
33	0	6,4	-	-	-	-

P, Participante.
^a Com ganho inicial.
^b Após ajuste de ganho.

diretamente o reconhecimento de fala no ruído.¹⁶ Outro estudo comparou o reconhecimento da fala no ruído em usuários adolescentes e adultos de sistemas FM acoplados eletricamente e eletromagneticamente a implantes cocleares. Os resultados indicaram que diferentes ajustes de ganho de FM podem ser necessários para alcançar o melhor desempenho.¹⁷ Estudos clínicos mostraram que ajustes de ganho em sistemas de comunicação sem fio podem ter um efeito considerável sobre o desempenho dos usuários desses dispositivos quando acoplados ao implante coclear.¹⁸

O teste de reconhecimento de fala no ruído *Phrases in Noise Test* (PINT)¹³ foi feito em três dos seis (15%) casos em que a transparência não foi alcançada (tabela 4). A tabela 5 indica um melhor desempenho dos três participantes no teste PINT¹³ após o novo ajuste do ganho do receptor quando os dispositivos foram configurados para alcançar a transparência. Com base nisso, podemos sugerir que a transparência eletroacústica causou transparência comportamental. Esses participantes precisaram de uma nova configuração de ganho para obter maior benefício do sistema FM. Isso prova que o benefício efetivo está diretamente relacionado a um ajuste adequado do ganho do receptor, o que está de acordo com estudos anteriores.^{11,18} Considerando que esses três participantes eram os mais jovens no presente estudo e desenvolviam suas capacidades orais, a necessidade desse novo ajuste só foi percebida após o teste de verificação eletroacústica. Portanto, percebe-se que o uso de um protocolo completo durante a adaptação do sistema FM no implante coclear em crianças, inclusive testes objetivos, além de testes comportamentais, é essencial para garantir medições e ajustes eficazes.

Um estudo anterior avaliou a frequência de uso do sistema FM em 70 usuários de implantes cocleares na sala de aula; 52,8% informaram que não usavam ou usava parcialmente o dispositivo. Assim, embora a literatura relate as vantagens de usar o sistema FM, ainda existem pacientes que têm o dispositivo e não o usam. Os autores descobriram que 10% dos 52,8% dos pacientes que não usavam o sistema FM declararam efetivamente que não perceberam qualquer benefício no sistema FM. Pode-se afirmar que o ajuste adequado do sistema FM está diretamente relacionado à obtenção dos benefícios da tecnologia e, portanto, à maior aderência a seu uso. Portanto, além de fornecer uma instalação adequada, o teste de verificação eletroacústica,

quando relacionado ao aumento da aderência ao uso de sistemas FM, pode afetar positivamente as políticas públicas relacionadas à concessão desse dispositivo aos usuários de implantes cocleares, evitar assim o desperdício de fundos públicos.¹⁹

Conforme discutido anteriormente, há apenas um relato prévio sobre o desenvolvimento de um protocolo de avaliação eletroacústica para sistemas FM acoplados a implantes cocleares.¹¹ Os autores avaliaram a transparência em três modelos de processadores de fala, Harmony, Opus 2 e Nucleus 5, e fizeram diferentes combinações com transmissores Phonak e Oticon FM. Assim, a discussão dos dados apresentados nas tabelas 1 e 2 é comparativamente baseada nos resultados relatados neste estudo prévio sobre o uso do transmissor Inspiro e dos receptores MLxi, ambos da marca Phonak, os mesmos usados em nosso estudo.

A tabela 4 indica que apenas um (16,6%) dos seis testes feitos no modelo do processador de fala Harmony não apresentou transparência. Foi necessário ajustar o ganho de FM no caso do participante 4, no qual o ganho de +10 dB foi reduzido para +8 dB para alcançar a transparência (tabela 5). O estudo mencionado acima¹¹ estabeleceu combinações entre três receptores diferentes e quatro transmissores diferentes para o teste com o mesmo processador de fala. Os autores relataram que, ao usar o transmissor Inspiro com o receptor MLxi acoplado ao processador de fala Harmony, a transparência foi alcançada com ganho de +4 dB. Essa variabilidade do ajuste do ganho de FM para alcançar a transparência pode ocorrer, mas o teste de percepção da fala deve ser feito para verificar se o benefício é mantido.

Para os testes feitos com os 24 usuários dos processadores de fala Opus 2, não houve transparência em quatro casos (16,6%). Desses, foi possível fazer um novo ajuste no ganho de FM em três casos. Conforme mostrado na tabela 5, foi necessário aumentar o ganho de FM de +10 dB para +12 dB para o participante 15, para alcançar a transparência. Para os participantes 16 e 18, foi necessário diminuir o ganho de FM de +10 dB para +8 dB. Esses resultados estão de acordo com os dados anteriores.¹¹ A avaliação com o processador de fala Opus 2 indicou que as configurações de ganho variável foram necessárias para alcançar a transparência. Em particular, na combinação do receptor MLxi e do transmissor Inspiro, os autores observaram que o ganho de FM necessário para alcançar a transparência foi de 0 dB. Em 83,4% dos

casos que apresentaram transparência sem a necessidade de um novo ajuste, observou-se que houve uma diferença de 10 dB entre os resultados encontrados no presente estudo e os resultados encontrados no estudo anterior.¹¹

O interesse deste estudo reside no fato de que os resultados indicaram uma variabilidade no ajuste do ganho de FM quando o mesmo modelo de processador de fala era acoplado à mesma tecnologia do Sistema FM, mas com usuários diferentes (n = 33), com exceção do modelo de processador de fala Nucleus 5. Isso contrasta com os resultados relatados nos Estados Unidos,¹¹ que apontaram para a variabilidade no ajuste do ganho de FM quando um processador de fala único foi acoplado a diferentes tecnologias do sistema FM.

Com relação à avaliação eletroacústica do sistema FM acoplado ao processador de fala Nucleus 5, a [tabela 4](#) mostra que a transparência foi alcançada nos sete (100%) casos com ganho de FM de +2 dB, sem necessidade de um novo ajuste. As configurações de ganho necessárias para alcançar a transparência foram previamente relatadas como altamente variáveis em um estudo que combinou quatro transmissores e quatro receptores para a avaliação da transparência com o processador de fala Nucleus 5.¹¹ Quanto ao uso do transmissor Inspiro combinado com o uso dos receptores Phonak, os autores relataram que não foi possível obter transparência ao usar o receptor MLxS, um receptor de geração anterior. Para o uso do receptor MLxi, foi necessário ajustar o ganho de FM para +8 dB para obter transparência. Comparando os resultados obtidos no presente estudo com os obtidos no estudo mencionado acima, observou-se uma diferença de 6 dB no ganho necessário para alcançar a transparência. No entanto, destaca-se que este estudo usou o receptor ML14i, um dispositivo específico para conexão com o processador de fala Nucleus 5. Assim, a diferença entre as configurações de ganho pode ser justificada pelo fato de que aqueles autores usaram um receptor universal, que requer que um adaptador seja conectado ao implante coclear. Assim, os receptores usados diferiram no modo de conexão. Neste estudo, todos os receptores FM acoplados ao processador de fala Nucleus 5 pertenciam a modelos específicos.

Em resumo, devido à variabilidade encontrada nas configurações de ganho de FM para alcançar a transparência, é altamente recomendável fazer o teste de verificação eletroacústica do sistema FM quando acoplado ao implante coclear, particularmente em crianças. Acredita-se que a transparência entre o sistema FM e o implante coclear pode afetar positivamente a adesão ao uso do sistema e, conseqüentemente, resultar em melhor uso do dinheiro público em relação à concessão desse dispositivo pelo Sistema Unificado de Saúde brasileiro. De fato, entre 2013 e 2017, 16.141 kits de sistema FM foram concedidos, de acordo com a Portaria 1.274.⁹ O monitoramento longitudinal desses participantes em estudos futuros pode fornecer informações mais específicas sobre sua adesão ao uso do sistema FM.

Conclusão

1) O protocolo de avaliação eletroacústica sugerido foi eficaz na avaliação da transparência entre o sistema FM e os diferentes modelos de processadores de fala de implantes cocleares; 2) Houve um maior benefício no reconhecimento

de fala no ruído na presença de transparência entre o sistema FM e o implante coclear; 3) Ajustar o ganho do sistema FM pode ser muito útil para muitos casos ao instalar-se esse dispositivo.

Financiamento

A pesquisa relatada neste artigo recebeu apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) e da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp) n° 2014/20398-1.

Conflitos de interesse

Os autores declaram não haver conflitos de interesse.

Agradecimentos

Ao Prof. Dr. José Roberto Pereira Lauris, por fazer a análise estatística; e ao Dr. Erin Schafer, do Texas, por fornecer por e-mail informações sobre o procedimento usado na metodologia deste estudo.

Referências

1. Ministério da Saúde. Produção hospitalar (SIH/SUS). Informações de saúde (TABNET). Assistência à saúde; 2008. Available from: <http://www2.datasus.gov.br/DATASUS/index.php?area=0202&id=11633> [cited 19.04.17].
2. Wolfe J, Schafer EC, John A, Hudson M. The effect of frontend processing on cochlear implant performance of children. *Otol Neurotol*. 2011;32:533-8.
3. Kam AC, Ng IH, Cheng MM, Wong TK, Tong MC. Evaluation of the Clear Voice strategy in adults using Hi Resolution Fidelity 120 sound processing. *Clin Exp Otorhinolaryngol*. 2012;5 Suppl. 1:89-92.
4. Wolfe J, Schafer EC, Parkinson A, John A, Hudson M, Wheeler J, et al. Effects of input processing and type of personal frequency modulation system on speech-recognition performance of adults with cochlear implants. *Ear Hear*. 2013;34:52-62.
5. Wolfe J. Cochlear implants and remote microphone technology. *Semin Hear*. 2014;35:177-92.
6. Bertachini ALL, Pupo AC, Morettin M, Martinez MAN, Bevilacqua MC, Moret ALM, et al. Sistema de frequência modulada e percepção da fala em sala de aula: revisão sistemática da literatura. *CoDAS*. 2015;27:292-300.
7. Iglehart F. Speech perception in classroom acoustics by children with cochlear implants and with typical hearing. *Am J Audiol*. 2016;25:100-9.
8. Schafer EC, Kleineck MP. Improvements in speech recognition performance using cochlear implants and three types of FM systems: a meta-analytic approach. *J Educ Audiol*. 2009;15:4-14.
9. Brasil. Ministério da Saúde. Portaria no. 1.274 de 25 de junho de 2013. Inclui o procedimento de sistema de frequência modulada pessoal (FM) na tabela de procedimentos, medicamentos, órteses, próteses e materiais especiais (OPM) do Sistema Único de Saúde. Brasília (DF): Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil; 2013. Available from: http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2013/prt1274_25_06_2013.html [cited 18.04.17].
10. American Academy of Audiology (Academy). Remote microphone hearing assistance technologies for children and youth from birth to 21 years; 2008. Available from: https://audiology-web.s3.amazonaws.com/migrated/HAT_Guidelines_

- Supplement.A.pdf_53996ef7758497.54419000.pdf [cited 17.04.17].
11. Schafer EC, Musgrave E, Momin S, Sandrock C, Romine D. A proposed electroacoustic test protocol for personal FM receivers coupled to cochlear implant sound processors. *J Am Acad Audiol*. 2013;24:941–54.
 12. Schafer EC, Wolfe J. *Programming cochlear implants*. 2nd ed. San Diego: Plural Publishing; 2015. p. 275–90.
 13. Santos LG. *Phrases in Noise Test (PINT): adaptação cultural para o português brasileiro e aplicabilidade na avaliação do Sistema de Frequência Modulada [dissertação]*. Bauru (SP): Faculdade de Odontologia de Bauru, Universidade de São Paulo; 2015.
 14. Bevilacqua MC, Banhara MR, Costa EA, Vignoly AB, Alvarenga KF. The Brazilian Portuguese Hearing in Noise Test (HINT). *Int J Audiol*. 2008;47:364–5.
 15. Thibodeau LM. Interfacing FM systems with implantable hearing devices. *Semin Hear*. 2010;31:47–72.
 16. Wolfe J, Schafer EC, Heldner B, Mülder H, Ward E, Vincent B. Evaluation of speech recognition in noise with cochlear implants and dynamic FM. *J Am Acad Audiol*. 2009;20:409–21.
 17. Schafer EC, Sanders K, Bryant D, Keeney K, Baldus N. Effects of voice priority in FM systems for children with hearing aids. *J Educ Audiol*. 2013;19:12–24.
 18. Wolfe J, Morais M, Schafer E, Agrawal S, Koch D. Evaluation of speech recognition of cochlear implant recipients using adaptive, digital remote microphone technology and a speech enhancement sound processing algorithm. *J Am Acad Audiol*. 2015;26:502–8.
 19. Silva JM, Pizarro LMPV, Tanamati LF. Uso do sistema FM em implante coclear. *CoDAS*. 2017;29:1–8.