

Potenciais evocados auditivos de estado estável em crianças com perdas auditivas cocleares***

Auditory steady-state response in children with cochlear hearing loss

Gabriela Ribeiro Ivo Rodrigues*

Dóris Ruthy Lewis**

*Fonoaudióloga. Doutoranda do Programa de Estudos Pós-Graduados em Fonoaudiologia da Pontifícia Universidade Católica de São Paulo (PUC - SP). Endereço para correspondência: Centro "Audição na Criança" (CaAC) - Divisão de Educação e Reabilitação dos Distúrbios da Comunicação (Derdic) PUC - SP. Rua Estado de Israel, 860 - São Paulo - SP - CEP 04022-040 (gabrielaivo@hotmail.com)

**Fonoaudióloga. Doutora em Saúde Pública pela Universidade de São Paulo (USP). Professora Titular do Programa de Pós-Graduação em Fonoaudiologia e Faculdade de Fonoaudiologia da PUC - SP.

***Trabalho Realizado no CeAC - Derdic - PUC - SP.

Artigo Original de Pesquisa

Artigo Submetido a Avaliação por Pares

Conflito de Interesse: não

Recebido em 13.03.2009.
Revisado em 08.12.2009; 13.01.2010;
18.01.2010.
Aceito para Publicação em 01.02.2010.

Abstract

Background: auditory steady-state response (ASSR) is indicated as a promising technique in the assessment of the hearing status of children. Aim: to investigate the level of agreement between the results of the ASSR and the visual reinforcement audiometry (VRA) in a group of children, thus examining the clinical applicability of this technique in hearing assessment of children. Method: participants were 14 children with ages between 4 and 36 months (mean 16 months) with the diagnosis of cochlear hearing loss. The ASSR was recorded in the frequencies of 0.5, 1, 2 and 4kHz for multiple simultaneous stimulation and the results were compared with the visual reinforcement audiometry (VRA). Results: the intraclass correlation coefficients between ASSR and VRA were 0.90, 0.93, 0.93 and 0.89 respectively for the frequencies of 0.5, 1, 2 and 4kHz, indicating a strong correlation between the techniques. Conclusion: the ASSR can provide accurate information to support the selection of hearing aids for children when it is not possible to perform the VRA.

Key Words: Auditory Evoked Potential; Hearing Loss; Children; Infants.

Resumo

Tema: os potenciais evocados auditivos de estado estável (PEAEE) têm sido apontados como uma técnica promissora na avaliação audiológica infantil. Objetivo: investigar o nível de concordância entre os resultados do PEAEE e a audiometria de reforço visual (VRA) em um grupo de crianças, averiguando assim a aplicabilidade clínica desta técnica na avaliação audiológica infantil. Método: foram avaliadas 14 crianças com idade entre 4 e 36 meses (média 16 meses) com diagnóstico de perda auditiva coclear. Os PEAEE foram registrados nas frequências de 0,5; 1; 2 e 4kHz pela estimulação múltipla simultânea, e os resultados obtidos foram comparados com os resultados da VRA. Resultados: os coeficientes de correlação intraclass entre as respostas dos PEAEE e da VRA foram de 0,90; 0,93; 0,93 e 0,89 para as frequências de 0,5; 1; 2 e 4kHz, respectivamente, indicando forte concordância entre as técnicas. Conclusão: os PEAEE podem fornecer informações precisas para que se possa dar início à seleção e adaptação dos AASI em crianças nas quais ainda não é possível a realização da VRA.

Palavras-Chave: Potencial Evocado Auditivo; Deficiência Auditiva; Criança.

Referenciar este material como:



Rodrigues GRI, Lewis DR. Potenciais evocados auditivos de estado estável em crianças com perdas auditivas cocleares. Pró-Fono Revista de Atualização Científica. 2010 jan-mar;22(1):37-42.

Introdução

O êxito da intervenção precoce em crianças com perda auditiva depende de técnicas de avaliação que possam refletir com exatidão os limiares auditivos antes dos seis meses de idade, para a adequada programação dos aparelhos de amplificação sonora individual (AASI)¹⁻².

Recentemente, a utilização dos potenciais evocados auditivos de estado estável (PEAEE) tornou-se uma opção na avaliação objetiva da audição em crianças na faixa etária acima referida. A possibilidade de estimar a audição em múltiplas frequências nas duas orelhas simultaneamente³⁻⁴, de avaliar a audição residual nos casos de perdas auditivas profundas⁵⁻⁶, somadas à detecção automática das respostas, reduzindo os riscos da interpretação subjetiva⁷, são vantagens apresentadas pelos PEAEE que vêm dando destaque à técnica.

Diversos estudos têm demonstrado uma boa aplicabilidade dos PEAEE para estimar os limiares auditivos em crianças com diferentes graus de perda auditiva, apontando-os como uma técnica promissora na avaliação audiológica infantil^{1-2,5-6,8-13}.

Neste estudo serão abordadas as primeiras experiências clínicas da aplicação dos PEAEE em um serviço de alta complexidade em saúde auditiva no Brasil. O objetivo foi o de investigar o nível de concordância entre os resultados dos PEAEE e da VRA em um grupo de crianças com perdas auditivas cocleares, averiguando assim a aplicabilidade clínica desta técnica na avaliação audiológica infantil.

Método

Este estudo foi realizado no Centro Audição na Criança (CeAC), serviço da Divisão de Estudos e Reabilitação dos Distúrbios da Comunicação (Derdic) da Pontifícia Universidade Católica de São Paulo (PUC - SP), e aprovado pela comissão de ética da Instituição protocolo número 113/2008. Todos os responsáveis pelos sujeitos envolvidos assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, permitindo desta forma, a realização e divulgação desta pesquisa e de seus resultados, conforme Resolução 196/96.

Participaram do estudo 14 crianças na faixa etária de 4 a 36 meses (média 16 meses), totalizando 28 orelhas.

O critério de inclusão foi o diagnóstico de perda auditiva coclear pela equipe médica e fonoaudiológica da Instituição. No dia das avaliações comportamental e eletrofisiológica, a timpanometria foi realizada para excluir a possibilidade de afecções da orelha média. As crianças que apresentaram timpanometria alterada foram excluídas do estudo.

A audiometria de reforço visual (VRA - *visual reinforcement audiometry*) foi realizada numa sala

acusticamente tratada, sendo utilizados um audiômetro modelo AC-33, marca *Interacoustics*, fones de inserção modelo ER-3A, uma caixa de reforço visual com bonecos iluminados e alguns brinquedos para utilização na técnica de distração. Foi pesquisado o nível mínimo de resposta (NMR) auditiva nas frequências de 0,5; 1; 2 e 4kHz. A intensidade inicial pesquisada foi aquela julgada audível pela criança sob teste, e não excedeu 110dB NA, em todas as frequências avaliadas. Os NMR foram pesquisados a passos de 10dB e confirmados a passos de 5dB. O estímulo utilizado foi o *warble tone* calibrado de acordo com a norma técnica ISO 389-1 e ISO 389-2, e o NMR comportamental foi a menor intensidade em que respostas consistentes foram obtidas e confirmadas.

Potenciais evocados auditivos de estado estável

O equipamento utilizado foi o modelo *SmartEP* da marca *Intelligent Hearing Systems* (IHS).

Estímulo

Cada estímulo utilizado consistiu da combinação múltipla simultânea de quatro *tonepipes* portadores das frequências de 0,5; 1; 2 e 4kHz nas frequências de modulação de aproximadamente 77, 85, 93 e 101Hz na orelha esquerda e de 79, 87, 95 e 103Hz na orelha direita, respectivamente.

Registro

Os exames foram realizados em sono natural. Os eletrodos de referência foram dispostos nas mastóides direita (A2) e esquerda (A1), e os eletrodos ativo (Fz) e terra (Fpz), na frente. Foi pesquisado o NMR encontrado nas frequências de 0,5; 1; 2 e 4 kHz simultaneamente em ambas as orelhas. Os NMR foram pesquisados a passos de 10 dB e confirmados a passos de 5dB. Conforme as respostas foram observadas, e mantiveram-se presentes com ruído elétrico menor que 0,05 μ V, o exame foi interrompido. Cada estímulo múltiplo simultâneo foi apresentado bilateralmente através de fones de inserção ER-3A. Quando não foi possível a pesquisa bilateral, esta foi realizada de forma monoaural. A intensidade inicial pesquisada foi aquela julgada audível pelo sujeito com base na avaliação comportamental, não ultrapassando 110dB NPS.

Análise

O número máximo de estímulos foi ajustado para 400 *sweeps* com duração de 1024 segundos cada, divididos em 20 varreduras de 20 *sweeps* cada uma. As amostras do eletroencefalograma (EEG) colhidas

após 20 *sweeps*, ou seja, uma varredura, foram utilizadas com filtro de 30-3000Hz, amplificadas com um ganho de 1000,0 K e, em seguida, processadas utilizando uma taxa de conversão A/D de 20kHz. Após cada varredura, a transformação rápida de *Fourier* (FFT) foi realizada automaticamente pelo *software*, mostrando o resultado obtido em um lote polar e em um espectro de frequências. O teste F calculou a probabilidade de a amplitude da resposta ser significativamente diferente da amplitude média do ruído de fundo, na frequência de modulação, assim como da amplitude média do ruído de fundo nas *sidebins*. Quando a relação sinal-ruído apresentava-se maior que 6,13dB ($p=0,05$) nas duas condições, o sinal era considerado uma resposta^{12,14}.

Conversão dos resultados

Os resultados dos PEAAE foram transformados de dB NPS para NA de acordo com a norma ISO 389-2 para fones de inserção, com as correções de -6; -0; -3 e -6dB para os tons de 0,5; 1; 2 e 4kHz, respectivamente, critério já adotado em estudo¹² que utilizou o mesmo equipamento.

Análise dos resultados

Foram construídos diagramas de dispersão representando as retas cujos pontos representam igual resposta nos dois testes, e a concordância entre os resultados dos PEAAE e da VRA foi analisada pelo do coeficiente de correlação intraclasse¹⁵.

Resultados

Oito crianças permitiram a realização da VRA com fones de inserção, possibilitando a avaliação das duas orelhas separadamente. Seis crianças não permitiram a colocação dos fones, sendo a VRA realizada em campo livre. Nestes casos, os resultados obtidos foram comparados aos NMR dos PEAAE da melhor orelha.

TABELA 1. Diferenças médias e desvios padrão observados entre os PEAAE (dB NA) e a VRA (dB NA).

Frequência (Hz)	N	Diferença	Desvio Padrão
500	21	-1,7	8,8
1000	17	1,5	6,6
2000	12	-0,1	6,9
4000	10	-4,5	7,5

Legenda: PEAAE - potenciais evocados auditivos de estado estável; VRA - audiometria de reforço visual; dB NA - decibel nível de audição; Hz - Hertz.

Os casos que não apresentaram resposta na intensidade máxima pesquisada foram excluídos da comparação. No final, 60 NMR na VRA foram comparados com seus respectivos pares de PEAAE, sendo vinte e um pares para 0,5kHz, dezessete para 1kHz, doze para 2 kHz e dez pares para 4kHz.

A diferença média e desvio padrão entre os dois exames para as frequências de 0,5; 1; 2 e 4kHz são apresentados na Tabela 1.

Os coeficientes de correlação intraclasse entre os NMR dos PEAAE e da VRA foram de 0,90; 0,93; 0,93 e 0,89 para as frequências de 0,5; 1; 2 e 4kHz, respectivamente, indicando forte concordância entre as técnicas. Os diagramas de dispersão apresentados no Gráfico 1 mostram uma relação linear entre os NMR dos PEAAE e da VRA, sendo possível observar que os pontos se distribuem de maneira uniforme em torno da reta que representa o ponto em que o NMR nos PEAAE é igual ao NMR na VRA em todas as frequências.

A Figura 1 mostra exemplos típicos de como os PEAAE puderam estimar as respostas comportamentais nas crianças com perda auditiva coclear avaliadas neste estudo.

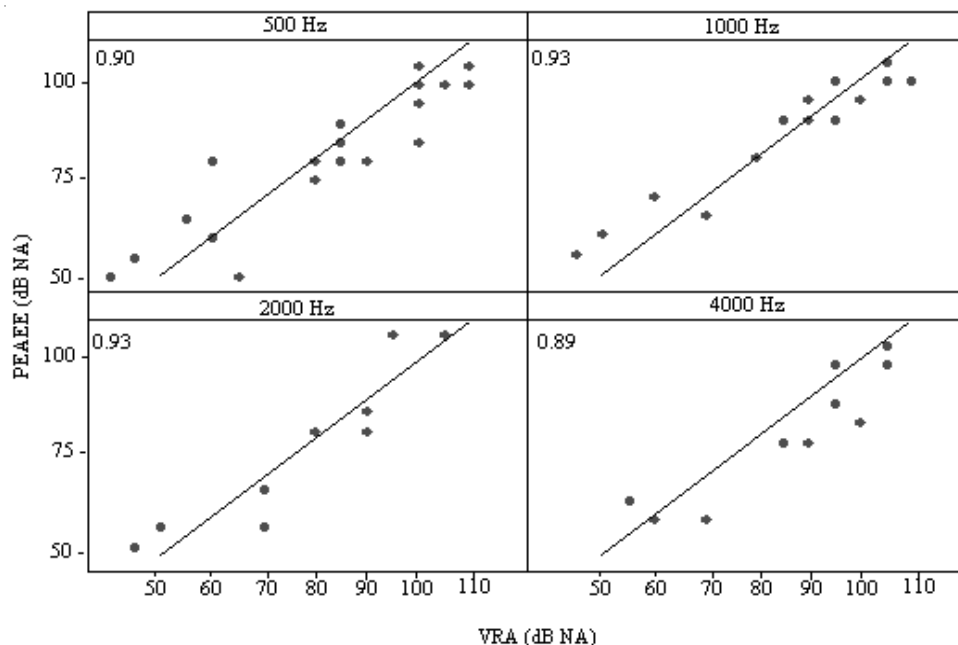
Os quatro audiogramas ilustrados na parte superior da Figura 1 (Parte A) mostram a relação PEAAE x VRA nos diferentes graus de perda auditiva. Os quatro audiogramas ilustrados na parte inferior da Figura 1 (Parte B) mostram alguns casos em que os NMR dos PEAAE foram melhores que as respostas comportamentais.

Discussão

Os resultados apresentados neste estudo indicam que existe forte concordância entre os resultados dos PEAAE e da VRA em crianças com perdas auditivas cocleares. Esses resultados são consistentes com os relatados anteriormente em estudos voltados para lactentes e crianças com perda auditiva coclear que realizaram o registro dos PEAAE por meio da estimulação simples^{5, 8, 9, 16-19}. E também com os estudos^{1-2,12,20} que fizeram uso da estimulação múltipla.

Utilizando a estimulação simples^{5,10,17-18}, bem como a estimulação múltipla², estudos indicam que a diferença entre os NMR comportamentais e os NMR dos PEAAE tende a ser menor à medida que o grau da perda auditiva é mais acentuado, como também ocorre com o aumento da frequência portadora. No presente estudo, devido ao número reduzido de casos, não foi possível constatar esse fato estatisticamente. Todavia, observando atentamente os audiogramas da parte A da Figura 1, é possível notar tal relação.

GRÁFICO 1. Diagramas de dispersão dos NMR (dB NA) nos PEAAE e na VRA nas frequências de 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz e 4000 Hz.



Legenda: PEAAE - potenciais evocados auditivos de estado estável; VRA - audiometria de reforço visual dB NA - decibel nível de audição; Hz - Hertz.

Em geral, as diferenças médias entre os NMR das duas técnicas se apresentaram entre 2 e 4dB, achados também relatados por Luts et al.¹. A literatura aponta uma grande variabilidade entre os estudos: Aoyagi, Kiren e Furuse¹⁶ relataram diferenças de 4 a 16dB, com desvios padrão entre 2 e 15; Rance e Briggs¹⁷, dependendo do grau de perda auditiva, encontraram desvios padrão variando entre 6 e 17dB; e Swanepoel, Hugo e Roode¹⁰ observaram diferenças de 4 a 8dB, com desvios padrão de 8 a 12dB.

Neste estudo, a maior diferença média foi para a frequência de 4kHz, enquanto vários estudos relatam uma maior diferença para a frequência de 0,5kHz, dada a tonotopia coclear^{5,9-10,12}. Luts e Wouters²³ relataram diferenças maiores não só para 0,5kHz, mas também para 4kHz, embora os desvios padrão observados tenham sido muito parecidos em todas as frequências, assim como no presente estudo.

Em alguns casos a diferença entre os NMR dos PEAAE e da VRA resultou em um valor negativo (Tabela 1). Isso aponta que, em algum momento, os NMR dos PEAAE foram melhores que os da VRA. Esses achados também foram relatados em outros estudos que comparam os PEAAE com a VRA^{8,12}. Está bem estabelecido que os NMR eletrofisiológicos encontram-se acima dos limiares comportamentais²¹. No entanto, as respostas auditivas em lactentes e crianças baseadas na VRA são variáveis, visto que, na avaliação comportamental de crianças, os NMR obtidos são mais elevados do que os verdadeiros limiares auditivos, dada a maturação das respostas com o desenvolvimento das

habilidades auditivas e motoras¹².

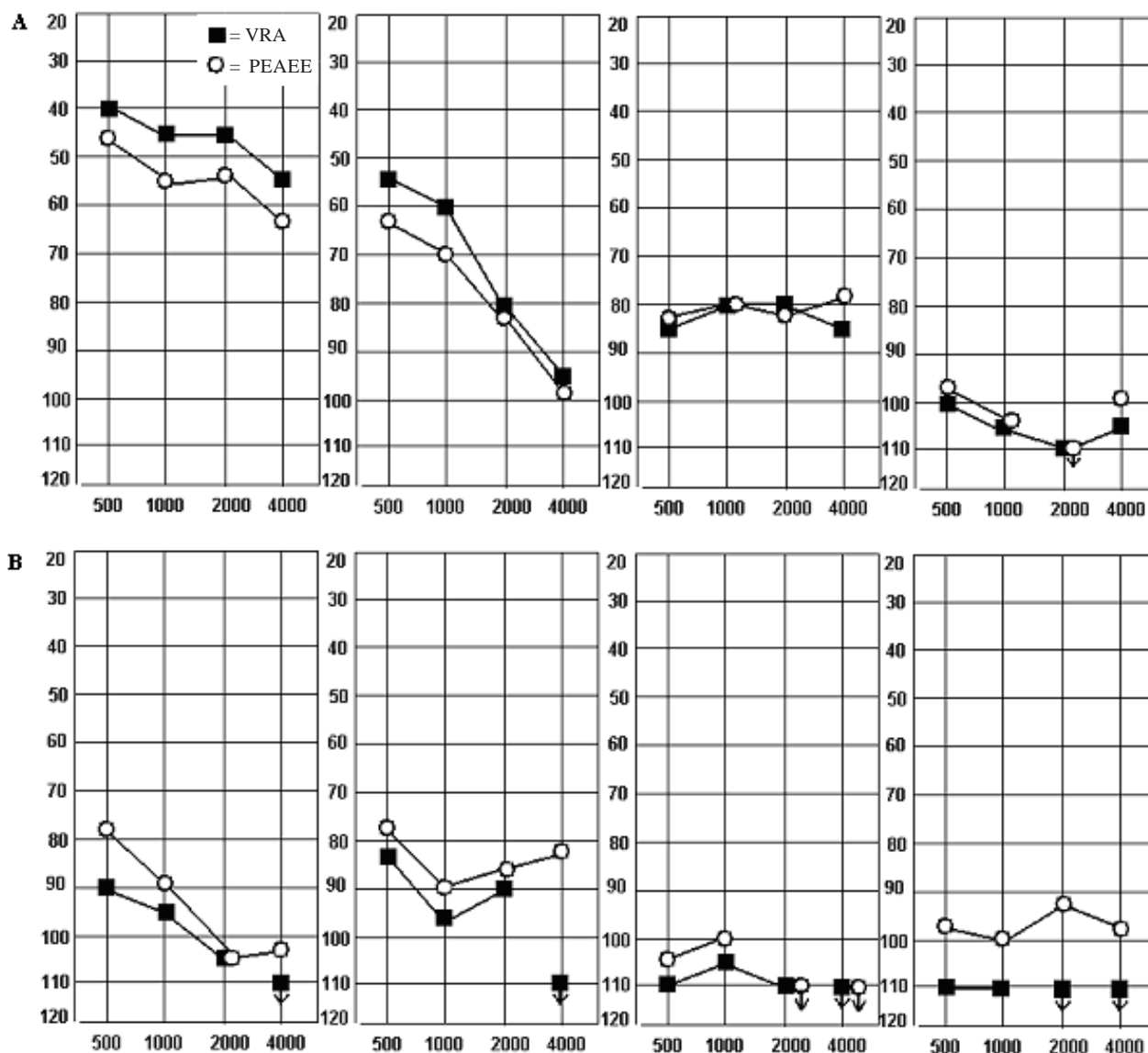
Há relatos de que os NMR obtidos com a VRA em lactentes entre 6 a 12 meses de idade foram de 10 a 15dB piores do que os obtidos em crianças maiores e adultos¹². Isso pode explicar porque em alguns casos do presente estudo os NMR dos PEAAE foram superiores aos da VRA, como mostram os audiogramas da parte B da Figura 1.

Embora apresentem tais variáveis, as respostas da VRA incluídas neste estudo foram consistentes, e a sua forte correlação com os PEAAE indica que, quando ainda não é possível realizar a VRA, os PEAAE podem fornecer informações precisas para que se possa dar início à seleção e adaptação dos AASI.

Entretanto, a possibilidade de se obter uma estimativa da audição não diminui a importância da aplicação da avaliação comportamental. A utilização dos potenciais evocados é muito útil para a conclusão do diagnóstico na faixa etária aqui em foco, embora a audiometria comportamental se mantenha como padrão-ouro na avaliação infantil^{8,12,17}.

Um teste subjetivo, no entanto, torna-se particularmente difícil quando o paciente é uma criança muito pequena. Um método capaz de fornecer os limiares auditivos por especificidade de frequência de forma objetiva torna-se necessário nesta população. Bem correlacionados com a VRA neste estudo, os PEAAE mostraram-se capazes de desempenhar um papel importante na avaliação das crianças que não conseguem responder à avaliação comportamental com procedimentos condicionados^{1,12}.

FIGURA 1. Exemplos de casos da comparação PEAAE x VRA nas frequências de 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz e 4000 Hz.



Legenda: PEAAE = potenciais evocados auditivos de estado estável; VRA = audiometria de reforço visual; A = relação PEAAE x VRA nos diferentes graus de perda auditiva. B = casos em que as respostas dos PEAAE foram melhores que as respostas dos PEAAE foram melhores que as respostas do VRA.

Assim, a utilização dos PEAAE nos primeiros anos de vida pode fornecer informações que possibilitarão ao fonoaudiólogo realizar a seleção e a adaptação do AASI de forma mais precisa, assegurando a intervenção precoce e, desta maneira, minimizando os atrasos no desenvolvimento de fala e linguagem, ocasionados por uma perda auditiva congênita^{1,5-6,9,12,17}.

Conclusão

Este estudo em 14 crianças com perda auditiva coclear permitiu concluir que existe forte concordância entre as respostas dos PEAAE e da VRA, indicando que os PEAAE podem fornecer informações precisas para que se possa dar início à seleção e adaptação dos AASI em crianças nas quais ainda não é possível a realização da VRA.

Referências Bibliográficas

1. Luts H, Desloovere C, Kumar A, Vandermeersch E, Wouters J. Objective assessment of frequency-specific hearing thresholds in babies. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol.* 2004; 68(7):915-26.
2. Rance G, Roper R, Symons L, Moody LJ, Poulis C, Dourlay M, et al. Hearing threshold estimation in infants using auditory steady-state responses. *J Am Acad Audiol.* 2005; 16(5):291-300.
3. Lins OG, Picton TW. Auditory steady-state responses to multiple simultaneous stimuli. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol.* 1995;96(5):420-32.
4. John MS, Purcell DW, Dimitrijevic A, Picton TW: Advantages and caveats when recording steady-state responses to multiple simultaneous stimuli. *J Am Acad Audiol.* 2002; 13:246-59.
5. Rance G, Dowell RC, Rickards FW, Beer DE, Clark GM. Steady-state evoked potential and behavioral hearing thresholds in a group of children with absent clique-evoked auditory brain stem response. *Ear Hear.* 1998;19(1):48-61.
6. Vander Werff KR, Brown CJ, Gienapp BA, Schmidt Clay KM. Comparison of auditory steady-state response and auditory brainstem response thresholds in children. *J. Am. Acad. Audiol.* 2002;13:227-35.
7. Lins OG, Picton TW, Boucher BL, Durieux-Smith A, Champagne SC, Moram LM, et al. Frequency-specific audiometry using steady-state responses. *Ear Hear.* 1996; 17(2):81-96.
8. Cone-Wesson B, Dowell RC, Tomlin D, Rance G, Ming WJ. The auditory steady-state response: comparisons with the auditory brainstem response. *J. Am. Acad. Audiol.* 2002; 13(4):173-87.
9. Stueve MP, O'rourke C. Estimation of hearing loss in children: comparison of auditory steady-state response, auditory brainstem response, and behavioral test methods. *Am J Audiol.* 2003;12(2):125-36.
10. Swanepoel D, Hugo R, Roode R. Auditory Steady-State response for children with severe to profound hearing loss. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg.* 2004;130:531-35.
11. Firszt JB, Gaggl W, Runge-Samuels CL, Burg LS, Wackym A. Auditory sensitivity in children using the auditory steady-state response. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg.* 2004;130:536-40.
12. Han D, Mo L, Liu H, Chen J, Huang L. Threshold estimation in children using auditory steady-state responses to multiple simultaneous stimuli. *ORL J Otorhinolaryngol Relat Spec.* 2006;68(2):64-8.
13. Duarte JL, Alvarenga KF, Garcia TM, Costa Filho OA, Lins OG. Auditory steady-state response in the auditory evaluation: clinical application (original title: A resposta auditiva de estado estável na avaliação auditiva: aplicação clínica). *Pró-Fono R At Ci.* 2008;20(2):105-10.
14. Mo L, Stapells DR. The effect of brief-tone stimulus duration on the brain stem Auditory Steady-State Response. *Ear Hear.* 2008;29:121-33.
15. Fleiss JL. The design and analysis of clinical experiments. New York: John Wiley and Sons; 1986.
16. Aoyagi M, Kiren T, Furuse H: Pure-tone threshold prediction by 80 Hz amplitude-modulation following response. *Acta Otolaryngol Suppl.* 1994;511:7-14.
17. Rance G, Briggs RJS. Assessment of hearing in infants with moderate to profound impairment: the Melbourne experience with auditory steady-state evoked potential testing. *Ann Otol Rhinol Laryngol Suppl.* 2002;189:22-8.
18. Rance G, Rickards F. Prediction of hearing threshold in infants using auditory steady-state evoked potentials. *J Am Acad Audiol.* 2002;13(5):236-45.
19. Swanepoel D, Schmulian D, Hugo R. Establishing normal hearing with the dichotic multiple-frequency auditory steady-state response compared to an auditory brainstem response protocol. *Acta Otolaryngol.* 2004;124:62-8.
20. Perez-Abalo MC, Savio G, Torres A, Rodríguez E, Galan L: Steady-state responses to multiple amplitude-modulated tones: an optimized method to test frequency-specific thresholds in hearing-impaired children and normal-hearing subjects. *Ear Hear.* 2001;22:200-211.
21. Stapells DR. Frequency-specific evoked potential audiometry in infants. In: Seewald, RC. A sound foundation through early amplification. Chicago: Phonak; 2000. p. 13-31.
22. Nozza RJ, Wilson WR: Masked and unmasked pure-tone thresholds of infants and adults: development of auditory frequency selectivity and sensitivity. *J Speech Hear Res.* 1984;27:613-22.
23. Luts H, Wouters J. Hearing assessment by recording multiple auditory steady-state responses: the influence of test duration. *Int J Audiol.* 2004;43:471-78.