



ARTIGO ORIGINAL

Comparative study between pure tone audiometry and auditory steady-state responses in normal hearing subjects[☆]

Roberto Miquelino de Oliveira Beck^{a,*}, Bernardo Faria Ramos^a, Signe Schuster Grasel^a, Henrique Faria Ramos^b, Maria Flávia Bonadia B. de Moraes^a, Edigar Rezende de Almeida^a, Ricardo Ferreira Bento^a

^a Departamento de Otorrinolaringologia, Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (FMUSP), São Paulo, SP, Brasil

^b Hospital Universitário Cassiano Antônio de Moraes, Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), Vitória, ES, Brasil

Recebido em 26 de março de 2013; aceito em 30 de julho de 2013

KEYWORDS

Audiometry pure-tone;
Audiometry evoked
response;
Electrophysiology

Abstract

Introduction: Auditory steady-state responses (ASSR) are an important tool to detect objectively frequency-specific hearing thresholds. Pure-tone audiometry is the gold-standard for hearing evaluation, although sometimes it may be inconclusive, especially in children and uncooperative adults.

Aim: Compare pure tone thresholds (PT) with ASSR thresholds in normal hearing subjects.

Materials and methods: In this prospective cross-sectional study we included 26 adults (n = 52 ears) of both genders, without any hearing complaints or otologic diseases and normal pure-tone thresholds. All subjects had clinical history, otomicroscopy, audiometry and immittance measurements. This evaluation was followed by the ASSR test. The mean pure-tone and ASSR thresholds for each frequency were calculated.

Results: The mean difference between PT and ASSR thresholds was 7,12 for 500 Hz, 7,6 for 1000 Hz, 8,27 for 2000 Hz and 9,71 dB for 4000 Hz. There were no difference between PT and ASSR means at either frequency.

Conclusion: ASSR thresholds were comparable to pure-tone thresholds in normal hearing adults. Nevertheless it should not be used as the only method of hearing evaluation.

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

PALAVRAS-CHAVE

Audiometria de tons
puros;
Eletrofisiologia;
Audição

Estudo comparativo entre audiometria tonal limiar e resposta auditiva de estado estável em normouvintes

Resumo

Introdução: As respostas auditivas de estado estável permitem avaliar de forma objetiva limiares auditivos frequência-específica. A audiometria tonal é o exame padrão-ouro; no entanto, nem sempre pode ser conclusiva, principalmente em crianças e adultos não colaborativos.

Objetivo: Comparar os limiares auditivos da RAEE aos da audiometria tonal em indivíduos com audição normal.

DOI se refere ao artigo: 10.5935/1808-8694.20140009

[☆]Como citar este artigo: Beck RM, Ramos BF, Grasel SS, Ramos HF, Moraes MF, Almeida ER, et al. Comparative study between pure tone audiometry and auditory steady-state responses in normal hearing subjects. Braz J Otorhinolaryngol. 2014;80:35-40.

* Autor para correspondência.

E-mail: robertomobeck@gmail.com (R.M.O. Beck).

PALAVRAS-CHAVE

Audiometria de tons puros;
Eletrofisiologia;
Audição

Materiais e métodos: Foram incluídos neste estudo prospectivo de corte transversal 26 adultos (52 orelhas), de ambos os gêneros, com audiometria normal e sem queixas otológicas. Os pacientes foram submetidos a anamnese, otomicroscopia, audiometria e imitanciometria. A seguir, realizou-se avaliação de respostas auditivas de estado estável. Os resultados obtidos foram analisados estatisticamente e comparados entre si.

Resultados: A diferença entre os limiares (em dB NA) obtidos em ambos os exames para cada frequência testada foi de 7,12 dB para 500 Hz; 7,6 dB para 1000 Hz; 8,27 dB para 2000 Hz e 9,71 dB para 4000 Hz, com limiares mais elevados na RAEE, em todas as frequências. Não houve diferença estatística entre as médias para cada frequência testada.

Conclusão: Os limiares obtidos na RAEE foram comparáveis aos da audiometria tonal em indivíduos normouvintes; entretanto, não deve ser usado como único método de avaliação auditiva.

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

Introdução

O exame de respostas auditivas de estado estável (RAEE) tem adquirido espaço importante no arsenal de avaliação audiológica. A partir da introdução da Triagem Auditiva Neonatal Universal, o diagnóstico da surdez tem sido mais precoce, e surgiu então a necessidade de definir a característica da perda auditiva para escolha do tratamento mais adequado.¹⁻³

Devido às limitações das respostas obtidas em testes comportamentais em menores de seis meses, os métodos eletrofisiológicos são os recursos mais utilizados.

O teste para avaliação frequência-específica mais consagrado na infância é o potencial evocado auditivo por *tone burst*, que fornece o limiar eletrofisiológico para cada frequência testada. A limitação desse exame é o tempo, normalmente elevado para sua realização e a dificuldade e subjetividade na interpretação das respostas. Além disso, o exame de potenciais evocados auditivos com estímulo transiente como o *tone burst* não permite a estimulação em níveis superiores a 90 dB NA.⁴

Nos adultos, a audiometria tonal limiar é o padrão-ouro para obtenção de limiares e configuração audiométrica. No entanto, esse exame é subjetivo e nem sempre é possível em crianças com idade inferior a seis anos, principalmente na presença de algum comprometimento neuropsicomotor.

O uso cada vez mais frequente das respostas auditivas de estado estável (RAEE) deve-se à possibilidade de avaliar de forma objetiva os limiares eletrofisiológicos de pacientes com suspeita de eventuais alterações auditivas. Para tal, seria oportuno proceder-se a um estudo comparativo com outros métodos já consagrados e a RAEE. De acordo com John e Picton,⁵ e Valdes et al.,⁶ o método apresenta vantagens como a detecção objetiva do limiar, assim como a avaliação simultânea de múltiplas frequências⁷ e a apresentação de estímulos mais intensos.⁸

Como a RAEE possibilita a avaliação das diferentes frequências, nas duas orelhas ao mesmo tempo, a duração do exame costuma ser menor.⁹ Como existem diversos equipamentos e softwares de RAEE e, ainda, pode ocorrer maior diferença entre limiar tonal e limiar por RAEE nas frequências graves, os resultados desse método devem ser interpretados com cuidado.¹⁰⁻¹² Entre os softwares com amplo respaldo na literatura destacam-se o AUDERA e o MASTER. O AUDERA baseia-se em estimulação de frequência única e, geralmente, monoaural, e usa como método de detecção da

resposta a coerência de fase.¹³ O MASTER (Multiple Auditory Steady-State Response) permite estimulação binaural simultânea, com tons contínuos em quatro frequências (500, 1000, 2000 e 4000 Hz) modulados em amplitude e frequência. Acredita-se que as respostas geradas em modulação de frequência entre 70 e 110 Hz refletem a atividade de estruturas auditivas do tronco encefálico.¹⁴ As respostas são convertidas de sua forma original no domínio de tempo para o domínio da frequência pela transformada rápida de Fourier (Fast-Fourier-Transform, FFT, método matemático). São apresentadas como picos no domínio da frequência de modulação, que se destacam do eletroencefalograma (EEG).¹⁵ Em seguida são avaliadas com relação ao ruído de fundo e sua significância estatística é determinada pelo próprio software (MASTER) por meio do F-teste.^{16,17}

Os resultados são apresentados na forma de um audiograma eletrofisiológico, o que permite ao médico avaliar a configuração da perda auditiva, se houver, e proceder à escolha adequada do tratamento (amplificação, implante coclear ou outros).

Vários estudos já se preocuparam em determinar a confiabilidade de avaliar o limiar objetivo em indivíduos com audição normal ou com perda auditiva neurosensorial.¹⁸⁻²⁰ Grande parte dos mesmos teve o objetivo de comparar a audiometria tonal limiar com RAEE, analisando pacientes com perda auditiva de graus variados juntamente com pacientes normouvintes. Lins et al.¹⁰ avaliaram 117 pacientes, incluindo adultos com e sem perda auditiva, adolescentes e crianças. Canale et al.²¹ incluíram 11 pacientes, sendo seis com audição normal e cinco com perda auditiva. Valdes et al.⁶ estudaram 15 pacientes normouvintes, no entanto avaliando apenas as frequências de 500 e 1000 Hz. Já a nível nacional, Ferraz et al.²² estudaram 25 indivíduos sem queixas auditivas enquanto Duarte et al.²³ avaliaram 48 pacientes com perdas auditivas variadas.

Devido à pequena quantidade de publicações a nível nacional e à necessidade de normatização dos limiares em normouvintes para a prática clínica, consideramos importante conduzir este estudo nesta população. Optamos pelo MASTER, uma vez que permite estimulação binaural de quatro frequências simultaneamente.

O objetivo deste estudo é comparar os limiares eletrofisiológicos obtidos pelas respostas auditivas de estado estável com os limiares da audiometria tonal em normouvintes adultos.

Materiais e métodos

Participantes

Neste estudo de corte transversal foram avaliados 28 adultos normouvintes ($n = 56$ orelhas), de ambos os gêneros, entre 18 e 35 anos. O estudo foi conduzido entre julho e dezembro de 2011. Todos os participantes foram informados sobre a finalidade do estudo e assinaram o Termo de Consentimento Informado, de acordo com a aprovação pela Comissão de Ética da instituição sob o número 0058/11. Os indivíduos foram selecionados de acordo com os seguintes critérios de inclusão: nenhuma queixa otológica ou auditiva; otomicroscopia normal; audiometria tonal limiar normal, com limiares iguais ou menores que 25 dBHL nas frequências de 250, 500, 1000, 2000, 3000, 4000, 6000 e 8000 Hz; imitanciometria normal, ou seja, timpanometria tipo A e reflexos estapedianos presentes. Foram excluídos do estudo indivíduos com qualquer alteração morfofuncional da orelha externa ou média, detectados à anamnese ou exame otorrinolaringológico, assim como aqueles que apresentassem quaisquer das alterações audiológicas supracitadas ou alterações neurológicas. Também foram excluídos aqueles que não atingiram nível de ruído eletroencefalográfico adequado para captação das respostas (inferior a $30\mu\text{V}$).

Avaliação audiológica

Anamnese e exame clínico otorrinolaringológico

Todos os pacientes foram submetidos a anamnese otorrinolaringológica direcionada às queixas relacionadas a audição. A seguir, todos foram submetidos à otomicroscopia (modelo M9000 - DF Vasconcellos, Valença, RJ).

Audiometria e imitanciometria

A audiometria tonal limiar foi realizada em cabine acústica com o audiômetro Madsen Midimate 622 (GN Otometrics, Copenhagen, Dinamarca) calibrado segundo o padrão ANSI S3.6-1996. Os limiares tonais por via aérea foram obtidos com os tons puros nas frequências de 500, 1000, 2000 e 4000 Hz apresentados em fones supra-aurais (TDH 39).

Para as medidas da timpanometria e do reflexo estapediano nas frequências de 500, 1000, 2000 e 4000 Hz, utilizou-se o impedanciômetro Interacoustics, modelo AZ26 (Interacoustics A/S, Assens, Dinamarca).

Estímulos e aquisição das respostas auditivas de estado estável

Foi utilizado o equipamento Bio-Logic Navigator Pro 580 NAVPR2 (Natus Medical Incorporated, San Carlos, CA) e o software MASTER (Multiple Auditory Steady-State Responses) 2.04.i00. Os estímulos por via aérea foram calibrados em dB NPS, segundo o padrão ANSI S3.6-1996, utilizando medidor de nível sonoro Quest Modelo 1700 com acoplador de 2 cm^3 Brüel&Kjær DB138.

Os eletrodos tipo disco foram posicionados na região frontal (Fz) como eletrodo ativo, nuca (Oz) como referência, e ombro direito como terra (Pz). Foram oferecidos oito estímulos simultâneos de tons contínuos modulados (modulação 100% em amplitude exponencial e 20% em frequência) seguindo o protocolo pré-estabelecido pelo fabricante, com início em 40 dBNA. As taxas de modulação da orelha direita foram de 84,375 Hz; 89,062 Hz; 93,750 Hz e 98,437 Hz para 500, 1000, 2000 e 4000 Hz, respectivamente, e para orelha esquerda de 82,031 Hz; 86,719 Hz; 91,406 Hz; 96,094 Hz para 500, 1000, 2000 e 4000 Hz, respectivamente. Foram realizadas o número máximo de varreduras (32 varreduras nas intensidades de 40 e 30 dBNA e 40 varreduras em intensidades menores até o limiar), seguindo a recomendação do fabricante, para garantir melhor confiabilidade ao teste. O limiar foi estabelecido modificando o nível de intensidade em 5 dBNA, o mesmo procedimento utilizado na audiometria tonal. Todos os limiares às RAEE foram retestados. Varreduras que continham atividade eletrofisiológica superior a 90 nV foram eliminadas.^{17,18,24}

A significância da razão sinal-ruído foi verificada pelo teste F com intervalo de confiança de 95% para cada varredura coletada. A resposta era considerada presente quando o valor F era significativo em nível de $p < 0,05$ no mínimo em oito varreduras consecutivas.²⁵

Análise estatística

Comparamos a média dos limiares obtidos através de audiometria tonal e respostas auditivas de estado estável (RAEE) nas frequências de 500, 1000, 2000 e 4000 Hz.

A análise descritiva dos limiares na audiometria tonal e RAEE foram realizadas calculando medidas de tendência central, como média, e medidas de dispersão, como desvio-padrão (DP) e erro padrão, para cada frequência em ambos os métodos, considerando a normalidade de distribuição dos dados.

A diferença entre as médias em 500, 1000, 2000 e 4000 Hz foi calculada (ANOVA). O mesmo teste foi utilizado para avaliar diferença de limiar entre os gêneros masculino e feminino, assim como entre as orelhas direita e esquerda ($p < 0,05$).

Resultados

Dentre os 28 indivíduos ($n = 56$ orelhas) inicialmente recrutados, dois foram excluídos por não atingirem grau de relaxamento suficiente para nível de ruído $< 30\mu\text{V}$.

Analisamos 17 pacientes do sexo feminino e nove pacientes do sexo masculino. Não houve diferença significativa entre os sexos ($p = 0,82$).

Entre os 26 indivíduos avaliados, foram obtidos limiares mensuráveis em 100% das frequências testadas à RAEE.

A idade dos indivíduos avaliados variou entre 22 e 31 anos (média: 27,3 anos, desvio-padrão (DP) = 2,26 anos).

A análise separada das orelhas direita e esquerda não mostrou diferença dos limiares entre elas ($p = 0,34$). Para as demais análises, as respostas das orelhas foram analisadas em conjunto.

Na tabela 1 estão apresentadas as médias, desvio-padrão e erro-padrão dos limiares audiométricos e das respostas de estado estável separadas por frequência.

Tabela 1 Médias dos limiares audiométricos e das respostas de estado estável (n = 52 orelhas) separadas por frequência e os respectivos desvio-padrão (DP) e erro-padrão

Frequência (Hz)	n	Audiometria		RAEE			
		Média (dBNA)	DP	Erro-padrão	Média (dBNA)	DP	Erro-padrão
500	52	11,63	4,51	0,63	18,75	7,73	1,07
1000	52	7,02	5,17	0,72	14,62	6,48	0,9
2000	52	4,81	5,33	0,74	13,08	5,16	0,72
4000	52	5,19	5,94	0,82	14,9	5,56	0,77

A figura 1 mostra a relação entre os limiares obtidos nos dois exames supracitados. Os limiares obtidos nas respostas de estado estável foram sempre mais elevados. A diferença média entre os limiares apresentados em ambos os exames foi de 8,175 dB, e manteve-se constante entre todas as frequências ($p = 0,30$), ou seja, não houve variabilidade entre as frequências pesquisadas nos dois métodos (tabela 2).

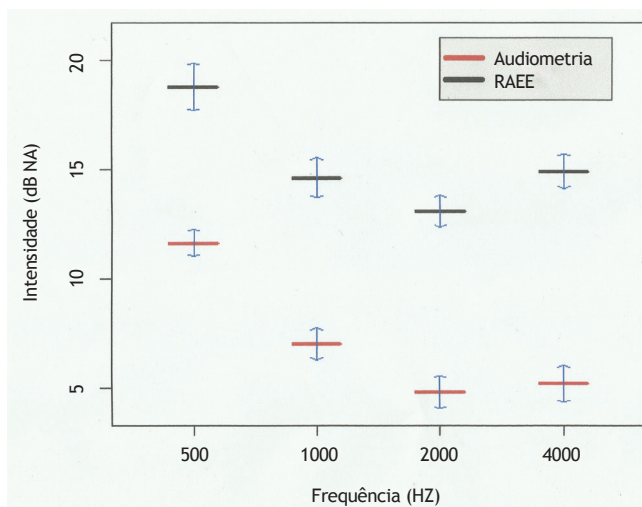


Figura 1 Média de limiares à audiometria tonal e RAEE e seus respectivos erros-padrão. Representação gráfica da média dos limiares obtidos na audiometria tonal e RAEE nas frequências de 500, 1000, 2000 e 4000 Hz com seu respectivo erro-padrão (n = 52 orelhas).

Tabela 2 Média do limiar obtido para cada frequência em cada teste e a respectiva diferença entre as médias ($p = 0,30$ - ANOVA; n = 52 orelhas)

Frequência (Hz)	n	Média Audiometria	Média RAEE	Diferença
500	52	11,63	18,75	7,12
1000	52	7,02	14,62	7,6
2000	52	4,81	13,08	8,27
4000	52	5,19	14,9	9,71

Discussão

Diversos autores^{6,10,18,23,25-27} já relataram melhor correlação dos limiares obtidos na audiometria tonal em relação às respostas de estado estável em pacientes com perda auditiva neurossensorial em relação aos normouvintes. Foi sugerido que essa diferença pode refletir um aumento da amplitude da resposta devido à presença de recrutamento.^{21,28}

Já Korcza et al.²⁹, em 2012, relataram que não há melhor correlação entre limiares tonais e por RAEE em indivíduos com perda auditiva neurossensorial em comparação com normouvintes, tanto na estimulação de uma única frequência quanto com múltiplas frequências simultâneas.

Nesse estudo obtivemos uma diferença de 7,12; 7,6; 8,27 e 9,71 dB nas frequências de 500, 1000, 2000 e 4000 Hz respectivamente, alcançando uma diferença média de 8,175 dB NA entre os limiares audiométricos e eletrofisiológicos. Não houve diferença estatística entre os valores obtidos nas frequências pesquisadas ($p = 0,30$).

Canale et al.²¹ em 2006 relataram diferença média dos limiares audiométricos e os da RAEE em normouvintes de 32 dB, enquanto Ferraz et al.²² referiram diferença média de 20 dB. Outros autores^{6,29} mostraram resultados com uma menor diferença média entre os exames, porém sempre acima de 10 dB.

Alguns estudos^{18,19,26,27,30} encontraram maiores diferenças nas frequências de 500 e 4000 Hz diferente deste estudo, no qual não houve diferença significativa entre os limiares das quatro frequências testadas. Uma das razões para tal achado deve-se, possivelmente, à homogeneidade da amostra, composta somente por normouvintes e em uma faixa etária entre 22 e 31 anos.

A menor diferença entre os limiares obtidos nos exames demonstrada neste estudo em relação aos relatos da literatura deve-se provavelmente ao tamanho da amostra (superior à maioria dos relatados na literatura) e às condições adequadas para a realização do exame, principalmente em relação ao baixo ruído de fundo que permitiu identificar respostas ainda em intensidades muito baixas, que normalmente são de pequena amplitude. O exame só foi concluído após promediação de 32 varreduras nas intensidades de 40 e 30 dB NA e 40 varreduras nas intensidades menores (valor máximo sugerido pelo software) para cada intensidade, aproximando os limiares eletrofisiológicos dos tonais. Uma vez que procuramos o limiar em intervalos de 5 em 5 dB, o mesmo procedimento da audiometria tonal, obtivemos um aumento da precisão e diminuição da variabilidade dos valores.

É importante salientar que resultados semelhantes ao desse estudo podem não ser obtidos na prática clínica. Nem sempre convém estimar o limiar por RAEE em intervalos de 5 em 5dB, pois isso pode aumentar sobremaneira o tempo de exame sem acrescentar dados que modifiquem a decisão sobre a melhor conduta terapêutica a ser adotada.³¹ Faixas etárias variadas (incluindo idosos e crianças), nível de relaxamento em pacientes acordados ou eventuais alterações eletroencefalográficas durante sedação/anestesia podem também dificultar a avaliação do limiar.

Como os limiares eletrofisiológicos são aproximadamente 10 dB NA acima dos tonais, os aparelhos disponibilizam um fator de correção. A utilização deste, como sugere software Master Bio-Logic Navigator Pro 580 NAVPR2 (Mundelein, IL) de 10 dB para as frequências testadas, aproxima ainda mais os resultados obtidos por RAEE da audiometria tonal.

Apesar de essa casuística ser uma das maiores, exclusivamente em normouvintes, estamos cientes que estudos adicionais com maior número de participantes ou estudos multicêntricos são necessários para confirmação dos resultados obtidos, principalmente na população brasileira.

Deve-se ter cautela de não extrapolar esses limiares, obtidos com estímulos de tons contínuos modulados do software MASTER para os adquiridos com outros equipamentos disponíveis no mercado que evocam RAEE com tipos de estímulos (p. ex., Chirp) e métodos diferentes de detecção da resposta. Seria oportuno, no futuro, conduzir nova pesquisa avaliando diferentes métodos de estimulação e detecção de RAEE para analisar se os limiares são comparáveis, oferecendo, dessa forma, maior segurança ao médico na estimativa de limiares auditivos.

Conclusão

Os limiares obtidos na RAEE foram comparáveis aos da audiometria tonal em indivíduos normouvintes e apresentam uma diferença média que se manteve constante em todas as frequências testadas. Entretanto, uma vez que exames eletrofisiológicos são métodos para estimativa de limiares auditivos, a RAEE não deve ser utilizada como único método de investigação auditiva.

Conflitos de interesse

Os autores declaram não haver conflitos de interesse.

Referências

- Ribeiro FM, Carvalho RM, Marcoux AM. Auditory steady-state evoked responses for preterm and term neonates. *Audiol Neurootol*. 2010;15:97-110.
- D'Haenens W, Vinck BM, De Vel E, Maes L, Bockstaal A, Keppeler H, et al. Auditory steady-state responses in normal hearing adults: a test-retest reliability study. *Int J Audiol*. 2008;47:489-98.
- Rodrigues GR, Lewis DR, Fichino SN. Steady-state auditory evoked responses in audiological diagnosis in children: a comparison with brainstem evoked auditory responses. *Braz J Otorhinolaryngol*. 2010;76:96-101.
- Introduction to auditory evoked responses measurement. In: Hall JW III. *New handbook of auditory evoked responses*. Boston: Allyn and Bacon; 2006. p. 58-108.
- John MS, Picton TW. A Windows program for recording multiple auditory steady-state responses. *Comput Methods Programs Biomed*. 2000;61:125-50.
- Valdes JL, Perez-Abalo MC, Martin V, Savio G, Sierra C, Rodríguez E, et al. Comparison of statistical indicators for the automatic detection of 80 Hz. auditory steady-state responses. *Ear Hear*. 1997;18:420-9.
- John MS, Lins OG, Boucher BL, Picton TW. Multiple auditory steady-state responses (MASTER): stimulus and recording parameters. *Audiology*. 1998;37:59-82.
- 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 click-evoked auditory brain stem response. *Ear Hear*. 1998;19:48-61.
- Picciotti PM, Giannantonio S, Paludetti G, Conti G. Steady state auditory evoked potentials in normal hearing subjects: evaluation of threshold and testing time. *ORL J Otorhinolaryngol Relat Spec*. 2012;74:310-4.
- Lins OG, Picton TW. Auditory steady-state response to multiple simultaneous stimuli. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol*. 1995;96:420-32.
- Herdmann AT, Stapells DR. Auditory steady-state response thresholds of adults with sensorineural hearing impairments. *Int J Audiol*. 2003;42:237-48.
- Picton TW, van Roon P, John MS. Multiple auditory steady state responses (80-101Hz: effects of ear, gender, handedness, intensity and modulation rate. *Ear Hear*. 2009;30:100-9.
- Luts W, Wouters J. Comparison of MASTER and AUDERA for measurement of auditory steady-state responses. *Int J Audiol*. 2005;44:224-53.
- Herdmann AT, Picton TW, Stapells DR. Place specificity of multiple auditory steady-state responses. *J Acoust Soc America*. 2002;112:1569-82.
- Josilene LD. A utilização da resposta auditiva de estado estável para estimar limiares auditivos em indivíduos com perda auditiva neurosensorial [MSc dissertation]. Bauru (SP): Universidade de São Paulo; 2007.
- Grasel SS, Ramos HF, Beck RMO, Almeida ER. Evaluation of hearing loss in childhood. In: Sih T, Chinski A, Eavey R, Godinho R. *IX IAPO: Manual of pediatric otorhinolaryngology*. São Paulo: Editora e Gráfica Vida & Consciência; 2010. p. 243-62.
- Ramos HF, Grasel SS, Beck R, Ramos M, Ramos B, Almeida R, et al. Evaluation of residual hearing in cochlear implants candidates using auditory steady-state response. *Int J Audiol*. 2013. In press.
- Dimitrijevic A, John MS, Van RP, Purcell DW, Adamonis J, Ostroff J, et al. Estimating the audiogram using multiple auditory steady-state responses. *J Am Acad Audiol*. 2002;13:205-24.
- Herdmann AT, Stapells DR. Thresholds determined using the monotic and dichotic multiple auditory steady-state response technique in normal-hearing subjects. *Scand Audiol*. 2001;30:41-9.
- Thumak AL, Rubinstein E, Durrant JD. Meta-analysis of variables that affect accuracy of thresholds estimation via measurement of the auditory steady-state response (ASSR). *Int J Audiol*. 2007;46:692-710.
- Canale A, Lacilla M, Cavalot AL, Albera R. Auditory steady-state responses and clinical applications. *Euro Arch Otorhinolaryngol*. 2006;263:499-503.
- Ferraz OB, Freitas SV, Marchiori LLM. Análise das respostas obtidas por potenciais evocados auditivos de estado estável em indivíduos normais. *Rev Bras Otorrinolaringol*. 2002;68:480-6.
- Duarte JL, Alvarenga KF, Garcia TM, Costa Filho OA, Lins OG. Auditory steady-state response in the auditory evaluation: clinical application. *Pro Fono*. 2008;20:105-10.
- Attias J, Buller N, Rubel Y, Raveh E. Multiple auditory steady-state responses in children and adults with normal hearing, sensorineural hearing loss, or auditory neuropathy. *Ann Otol Rhinol Laryngol*. 2006;115:268-76.

25. D'haenens W, Vinck BM, Maes L, Bockstael A, Keppler H, Philips B, et al. Determination and evaluation of clinically efficient stopping criteria for the multiple auditory steady-state response technique. *Clin Neurophysiol.* 2010;121:1267-78.
26. Rance G, Rickards FW, Cohen LT, De Vidi S, Clark GM. The automated prediction of hearing thresholds in sleeping subjects using auditory steady-state evoked potentials. *Ear Hear.* 1995;16:499-507.
27. Picton TW, Durieux-Smith A, Champagne SC, Whittingham J, Moran LM, Giguère C, et al. Objective evaluation of aided thresholds using auditory steady-state responses. *J Am Acad Audiol.* 1998;9:315-31.
28. Perez-Abalo MC, Savio G, Torres A, Martín V, Rodríguez E, Galán 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;22:200-11.
29. Korczak P, Smart J, Delgado R, Strobel TM, Bradford C. Auditory steady-state responses. *J Am Acad Audiol.* 2012;23:146-70.
30. Lins OG, Picton TW, Boucher BL, Durieux-Smith A, Champagne SC, Moran LM, et al. Frequency-specific audiometry using steady-state responses. *Ear Hear.* 1996;17:81-96.
31. Stapells DR. Frequency-specific thresholds assessment in young infants using the transient ABR and the brainstem ASSR. In: Seewald RC, Tharpe AM (eds.), *Comprehensive handbook of pediatric audiology.* San Diego: Plural Publishing, Inc; 2011. p. 409-48.