

Potencial evocado auditivo de tronco encefálico com estímulo de fala*****

Brainstem auditory evoked potential with speech stimulus

Caroline Nunes Rocha*
Renata Filippini**
Renata Rodrigues Moreira***
Ivone Ferreira Neves****
Eliane Schochat*****

*Fonoaudióloga. Doutoranda em Ciências da Reabilitação pelo Departamento de Fisioterapia, Fonoaudiologia e Terapia Ocupacional da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (FMUSP). Endereço para correspondência: R. Evaristo da Silva, 58 - Osasco - SP - CEP 06186-020 (carolrocha@usp.br).

**Fonoaudióloga. Doutoranda em Ciências da Reabilitação pelo Departamento de Fisioterapia, Fonoaudiologia e Terapia Ocupacional da FMUSP.

***Fonoaudióloga. Doutora em Ciências pelo Departamento de Emergências Clínicas da FMUSP. Fonoaudióloga do Hospital Universitário da USP.

****Fonoaudióloga. Doutora em Ciências pelo Departamento de Fisiopatologia Experimental da FMUSP. Fonoaudióloga do Curso de Fonoaudiologia do Departamento de Fisioterapia, Fonoaudiologia e Terapia Ocupacional da FMUSP.

*****Livre Docente. Professor Associado Doutora do Departamento de Fisioterapia, Fonoaudiologia e Terapia Ocupacional da FMUSP.

*****Trabalho Realizado no Hospital Universitário da USP.

Artigo Original de Pesquisa

Artigo Submetido a Avaliação por Pares

Conflito de Interesse: não

Recebido em 02.02.2010.
Revisado em 06.09.2010; 27.10.2010.
Aceito para Publicação em 30.11.2010.

Abstract

Background: although clinical use of the click stimulus for the evaluation of brainstem auditory function is widespread, and despite the fact that several researchers use such stimulus in studies involving human hearing, little is known about the auditory processing of complex stimuli such as speech. **Aim:** to characterize the findings of the Auditory Brainstem Response (ABR) performed with speech stimuli in adults with typical development. **Method:** fifty subjects, 22 males and 28 females, with typical development, were assessed for ABR using both click and speech stimuli. **Results:** the latencies and amplitudes of the response components onset (V, A and complex VA), the area and slope that occur before 10 ms were identified and analyzed. These measurements were identified in all of the studied subjects and presented wave latency values (ms) of: V = 7.18 (SD = 1.08), A = 8.66 (SD = 1.13); Complex VA = 1.49 (SD= 0.43). For the wave amplitudes (μV), the values were: V = 0.29 (SD = 0.15), A = -0.3 (SD = 0.18); Complex VA = 0.58 (SD = 0.25). The area measurements ($\mu V \times ms$) and slope ($\mu V / ms$) were 0.27 (SD = 0.17) and 0.4 (SD = 0.17) respectively. **Conclusion:** based on the gathered data it can be observed that this potential works as a new tool for understanding the encoding of sound at the brainstem level.

Key Words: Electrophysiology; Evoked Potentials, Auditory, Brain Stem; Speech Perception.

Resumo

Tema: embora o uso clínico do estímulo clique na avaliação da função auditiva no Tronco Encefálico (TE) já esteja bastante difundido, e uma grande variedade de pesquisadores usarem tal estímulo nos estudos da audição humana, pouco se sabe a respeito do processamento auditivo de estímulos complexos como a fala. **Objetivo:** o presente estudo tem como objetivo caracterizar os achados dos Potenciais Evocados Auditivos de Tronco Encefálico (PEATE) realizados com estímulos de fala, em indivíduos adultos com desenvolvimento típico. **Método:** 50 indivíduos, sendo 22 do gênero masculino e 28 do feminino, com desenvolvimento típico, foram avaliados quanto aos PEATE, tanto para estímulo clique quanto para estímulo de fala. **Resultados:** foram identificadas e analisadas as latências e amplitudes das componentes da resposta *onset* (V, A e complexo VA), a área e *slope*, que ocorrem antes dos 10ms; essas medidas foram identificadas em todos os indivíduos avaliados, e mostrou valores de latências (ms) para as ondas V, A e Complexo VA: V = 7.18 (DP= 1.08); A = 8.66 (DP=1.13); Complexo VA = 1.49 (DP=0.43). Para as amplitudes (μV) das ondas, os valores foram: V = 0.29 (DP=0.15); A = -0.3 (DP=0.18); Complexo VA = 0.58 (DP=0.25). As medidas de área ($\mu V \times ms$) e *slope* ($\mu V/ms$) foram 0.27 (DP=0.17) e 0.4 (DP=0.17) respectivamente. **Conclusão:** a partir dos dados coletados, pode-se constatar que este potencial surge como uma nova ferramenta para o conhecimento da codificação dos sons em nível de TE.

Palavras-Chave: Eletrofisiologia; Potenciais Evocados Auditivos do Tronco Encefálico; Percepção da Fala.

Referenciar este material como:



Rocha CN, Filippini R, Moreira RR, Neves IF, Schochat E. Potencial evocado auditivo de tronco encefálico com estímulo de fala. Pró-Fono Revista de Atualização Científica. 2010 out-dez;22(4):479-84.

Introdução

O Potencial Evocado Auditivo de Tronco Encefálico (PEATE) é gerado pelo sincronismo das estruturas da via auditiva, que se inicia no nervo auditivo, passando pelo núcleo coclear, complexo olivar superior, lemnisco lateral até o colículo inferior. O estímulo acústico mais empregado na prática clínica é o clique, pois desencadeia resposta sincrônica de grande número de neurônios e apresenta amplo espectro de frequências¹. Contudo, outros tipos de estímulos, como tons puros e estímulos de fala²⁻³ podem ser utilizados para desencadear as respostas elétricas.

O sinal de fala, estrutura espectro-temporal complexa, requer uma resposta neural sincronizada para codificação precisa, e as respostas evocadas dependem exatamente deste tipo de ativação sincrônica, sendo ideais para o estudo das bases neurais da percepção da fala⁴.

A percepção da fala envolve processamentos como análise auditiva periférica, extração das características automáticas nos núcleos do tronco encefálico (TE), que leva à classificação das palavras e fonemas⁴.

Assim, as respostas do TE geram informações diretas sobre como a estrutura do som da sílaba de fala é codificada no sistema auditivo. O PEATE com estímulo de fala pode ser dividido em: porções transiente e sustentada, componentes de respostas *onset* (início do estímulo) e a frequência seguida de resposta *Frequency-following Response* (FFR). As respostas *onset* são processos transientes, similares ao clique, com precisão de décimos de milisegundos. Representam primariamente a resposta a eventos discretos no estímulo, como seu início, e as modulações sucessivas causadas pela vibração das pregas vocais. Os componentes da resposta sustentada permanecem durante a reprodução de um estímulo periódico, e refletem a integridade geral da resposta em relação ao mesmo³.

Pesquisas recentes têm relatado alterações nas respostas do TE para estímulo da fala para crianças com dificuldade de aprendizagem e alterações de processamento auditivo^{3,5-8}, assim como sua relação com o processamento cortical⁹⁻¹¹, e também a eficiência do treinamento auditivo na reabilitação de indivíduos com déficits na percepção da fala^{5,12}.

Abrams et al.⁷, sugerem que atrasos nas latências de resposta do TE para estímulos de fala têm um impacto negativo no processamento de sinais acústicos rápidos por estruturas especializadas do córtex. Assim como Wible et al.¹¹,

que concluíram que o comprometimento entre o processamento da fala ao nível do TE e do córtex pode ser considerado indicador de mecanismos fisiológicos alterados, que podem ser responsáveis por uma percepção anormal da fala e, conseqüentemente, comprometimento das habilidades de linguagem.

Song e et al.¹³, exploraram a relação entre o estímulo clique e o estímulo de fala no PEATE em crianças com e sem dificuldades de aprendizagem. Concluíram que as respostas obtidas pelos dois estímulos refletem processos neurais separados, e que somente os processos envolvidos na codificação de sinais complexos (fala) estão alterados nas crianças com dificuldades de aprendizagem.

Assim sendo, se faz necessário o estudo da percepção e da representação auditiva da fala em indivíduos com desenvolvimento típico, estabelecendo procedimentos confiáveis e valores normativos, com o intuito de determinar a codificação do estímulo de fala em TE; poder-se-ão, então, relacioná-los a resultados encontrados em população com Transtornos do Processamento Auditivo (TPA), dificuldade de aprendizagem e alterações de linguagem, o que pode trazer informações de grande importância tanto para o diagnóstico diferencial quanto para a intervenção fonoaudiológica.

Este estudo tem como objetivo caracterizar os achados do PEATE realizado com estímulo de fala em indivíduos adultos com desenvolvimento típico.

Método

Casuística

Fizeram parte dessa pesquisa 50 indivíduos, sendo 22 do gênero masculino e 28 do gênero feminino, com idade entre 19 e 32 anos (média \pm desvio padrão: 23,56 \pm 3,13 anos).

Os critérios de elegibilidade dos participantes foram:

- . idade entre 18 e 35 anos;
- . limiares auditivos dentro dos limites da normalidade;
- . medidas de imitância acústica dentro da normalidade;
- . valores absolutos e interpicos das latências das ondas do PEATE dentro da normalidade (estímulo clique);
- . ausência de queixa do Processamento Auditivo;
- . ausência de outro tipo de distúrbio associado.

Estímulo

A estímulo de fala utilizado neste estudo (sílabas /da/) foi produzido no Laboratório de Rádio da Escola de Comunicação e Artes da Universidade de São Paulo (USP); os equipamentos utilizados na produção foram: Microfone Neumann 189; mesa de som MACKIE/SR32-4; placa de som M-AUDIO/1010LT; software de gravação Sound Forge 6.0 (Sony); software de edição Vegas 4.0 (Sony).

A sílaba /da/ foi narrada por uma voz masculina e editada de forma a produzir o estímulo de acordo com os parâmetros descritos por King⁹ e Wible¹⁴. A partir da sílaba original foram separados apenas os cinco primeiros formantes, que resultaram no estímulo de 40 ms que contém a porção transitente da mesma; a vogal /a/ foi abreviada para permitir o aumento da taxa de estimulação e, assim, melhor ativar o sistema.

Os estímulos foram organizados em grupos de 4, separados entre si por 12 ms, e, entre cada grupo de estímulos, o intervalo foi de 30 ms.

Procedimentos

O projeto de pesquisa e o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido foram analisados e aprovados pela Comissão de Ética em Pesquisa do Hospital Universitário da Universidade de São Paulo, protocolo 527/04.

Foram realizadas avaliação audiológica básica, avaliação comportamental do processamento auditivo e eletrofisiológica (PEATE), todas em ambiente silencioso.

Avaliação audiológica básica: inspeção do meato acústico externo; medidas de imitância acústica; audiometria tonal limiar nas frequências de 0.25, 0.5, 1, 2, 3, 4, 6 e 8 KHz; Limiar de Detecção de Fala, Limiar de Reconhecimento de Fala e Índice de Reconhecimento de Fala.

Avaliação Comportamental do Processamento Auditivo: Teste de Fala com Ruído Branco¹⁵, e Teste de Ordenação Temporal (Padrão Tonal de Frequência e Duração da AUDITEC¹⁶).

Avaliação Eletrofisiológica: PEATE com estímulo clique e com estímulo de fala, utilizando o equipamento GSI-AUDERA, de dois canais. Após a limpeza da pele com pasta abrasiva, os eletrodos foram colocados nas posições vértex, mastóides direita e esquerda; utilizou-se pasta eletrolítica e fita adesiva. Os valores de impedância dos eletrodos estavam abaixo de 5 KΩs.

O estímulo clique foi utilizado para a confirmação da integridade da via auditiva, apresentado na orelha direita, com fones de inserção, a uma taxa de 19 estímulos por segundo, sendo promediados 2000 estímulos a 80 decibels nível de audição, com uma janela de gravação de 10 milissegundos. Uma segunda estimulação foi realizada a fim de reproduzir e confirmar o traçado das ondas.

Para a avaliação com estímulo de fala, utilizou-se CD *player* e fones de ouvido (Coby-CV320); o estímulo foi apresentado na orelha direita, a 75 decibels nível de audição, com taxa de 11 estímulos por segundo. Foram promediados 2000 estímulos, sendo 2 varreduras de 1000 estímulos, com janela de gravação de 50 milissegundos.

Os traçados obtidos em cada varredura foram somados, e no traçado resultante foram identificadas as componentes da resposta *onset* (V, A e complexo VA), que ocorrem antes dos 10 milissegundos.

Resultados

As ondas do PEATE para cliques foram analisadas quanto aos valores de latências absolutas e interpicas das ondas I, III e V, a fim de verificar a integridade da via auditiva, com parâmetros de normalidade propostos por Hall¹⁷.

Para o PEATE com estímulo de fala, foram identificadas as componentes da resposta *onset* (V, A e complexo VA), que ocorrem antes dos 10 ms, com análise da latência e amplitude das mesmas. O complexo VA foi investigado por medidas de latência, amplitude, área e *slope* (amplitude de VA/ duração de VA).

Os valores para ambos os estímulos passaram por análise estatística, calculando-se médias, desvio-padrão, valores mínimo e máximo, e a correlação de Pearson.

PEATE com estímulo de fala

A Tabela 1 mostra as medidas de latência e amplitude obtidas na resposta *onset* para as ondas V, A e complexo VA, com os valores de média, desvio-padrão, mínimo e máximo.

Na Tabela 2 pode-se verificar os valores de média, desvio-padrão, máximo, mínimo e a correlação de Pearson da área e do *slope* do complexo VA.

Analisando a correlação de Pearson, pode-se verificar uma possível correlação positiva moderada entre as medidas de área e *slope* no grupo estudado.

TABELA 1. Média, desvio-padrão (DP), valor máximo e valor mínimo das latências e amplitudes das ondas V, A e complexo VA para estímulo de fala.

	Latência (ms)				Amplitude (μ V)			
	Média	DP	Máximo	Mínimo	Média	DP	Máximo	Mínimo
onda V	7,18	1,08	9,96	5,38	0,29	0,15	0,68	0,01
onda A	8,66	1,13	11,09	6,79	-0,3	0,18	-0,01	-1,03
complexo VA	1,49	0,43	2,88	0,88	0,58	0,25	1,57	0,25

TABELA 2. Média, desvio-padrão (DP), valores máximo e mínimo e a correlação de Pearson das medidas de área e *slope*.

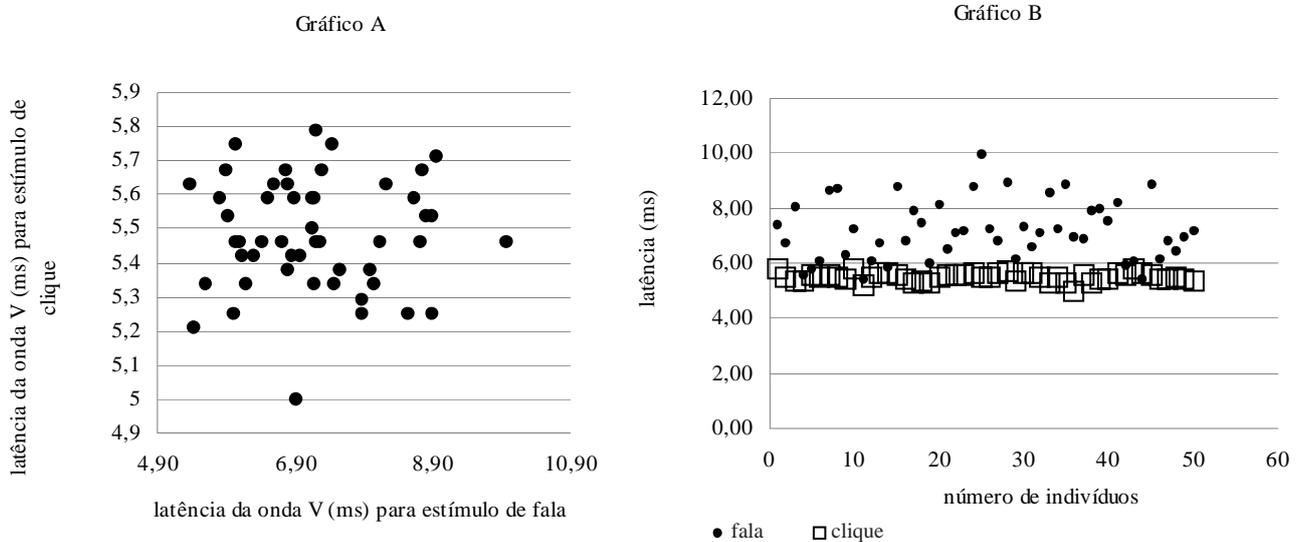
	Média	DP	Máximo	Mínimo	Pearson
área do complexo VA (μ V x ms)	0,27	0,17	0,85	0,08	0,39
<i>slope</i> do complexo VA (μ V/ms)	0,4	0,17	1,05	0,17	

Comparação entre os diferentes estímulos

Na Figura 1, o Gráfico A é um diagrama de dispersão da correlação entre a latência da onda V para o estímulo clique e para o estímulo de fala, e o Gráfico B mostra a comparação das ondas V obtidas no PEATE com estímulo clique e com

estímulo de fala para cada indivíduo. Fazendo-se a correlação de Pearson entre a onda V do PEATE tanto para estímulo clique, como para estímulo de fala, não foi possível observar correlação entre as duas ondas em questão ($r = 0,0035$).

FIGURA 1. Gráfico A, Diagrama de dispersão para a correlação entre a Latência da onda V para clique e fala ($r = 0,0035$); Gráfico B, Comparação das ondas V do PEATE com estímulo "clique" e "fala".



Discussão

Neste estudo procurou-se descrever e caracterizar os achados dos PEATE para estímulo de fala em indivíduos adultos com desenvolvimento típico, e assim, fornecer uma possível normalização de dados, os quais poderão ser usados para avaliar a integridade da codificação do sinal de fala em indivíduos normais e com alguma alteração.

As medidas de latência e amplitude foram identificadas nas componentes da resposta *onset*, *slope*, área e amplitude do complexo VA (Tabelas 1 e 2). Tais medidas são usadas para descrever a atividade neural do TE para a fala, caracterizada por mudanças temporais rápidas e distribuições espectrais complexas³.

Medidas de latência geram informações sobre a precisão com a qual os núcleos do TE respondem sincronicamente ao estímulo acústico, enquanto as medidas de amplitude geram informações sobre quão robusta é a resposta dos núcleos do TE para o estímulo acústico. Quando essas medidas encontram-se alteradas, pode significar alguma diferença na velocidade de condução ao longo dos dendritos e projeções dos axônios, ou diferença nos canais cinéticos dos neurônios, ou ainda, diferenças na sincronização dos geradores das respostas.

Essas medidas foram identificadas em todos os indivíduos avaliados, mas com comprometimento da reprodutibilidade das ondas, diferente dos resultados encontrados em outros estudos, os quais demonstraram resultados com alta reprodutibilidade das ondas e estabilidade em situações teste-reteste^{3, 9, 12}.

Provavelmente esta instabilidade ocorreu na presente pesquisa, devido à utilização de um sinal de fala natural editada, e não de um sinal de fala sintetizado, o qual é encontrado nas pesquisas com PEATE em outros países. O uso da fala sintetizada, ao invés da fala natural, permite a manipulação precisa dessas dimensões e modificações de difícil controle na fala natural⁴.

As medidas do complexo VA são as que oferecem informações sobre o sincronismo das descargas neuronais¹⁸. Através das medidas de latência e amplitude do complexo VA (Tabela 2), foram calculadas as medidas de *slope* e área do complexo, segundo Russo³. Eles interpretam as medidas de área como a quantidade de atividade que contribui para a geração da onda e *slope* como a sincronização temporal dos geradores da resposta.

No mesmo estudo, os resultados mostraram menores respostas do *slope* em crianças com problemas de aprendizado quando comparadas a crianças normais, resultado este que é corroborado em outros estudos^{6, 13}.

Comparando as ondas V para clique e estímulo de fala (Figura 1 - Gráficos A e B), verificou-se que não houve correlação entre as mesmas, provavelmente porque as respostas obtidas pelos dois estímulos refletem processos neurais separados. O sinal de fala contém informações acústicas diferentes do clique, o que acrescenta informações sobre a codificação neural em nível de TE¹³, e o processamento que ocorre nesta região, para os dois tipos de estímulos (clique e fala), irá refletir diferentes vias no processamento cortical¹¹. Song et al.¹³, mostraram que um atraso nas medidas do PEATE com estímulo de fala não necessariamente provoca um atraso nas medidas com clique, e que somente os processos envolvidos na codificação de sinais complexos estão alterados nas crianças com dificuldades de aprendizado.

Assim, as respostas obtidas no TE para ambos os estímulos fornecem informações complementares e objetivas sobre a codificação do som no sistema auditivo.

Os dados fornecidos aqui servem como uma medida para determinar função normal do TE na resposta para estímulo de fala.

Déficits na latência e amplitude da resposta do TE para estímulo de fala têm sido encontrados em certas crianças com problemas de aprendizagem^{3, 5-7, 9, 13}.

Outra aplicação possível deste potencial se refere ao seu uso na monitorização do Treinamento Auditivo, demonstrando a eficiência deste e a existência de plasticidade no TE, e ainda, na reabilitação de indivíduos portadores de déficits na percepção da fala^{5, 12}.

As medidas de latência e amplitude das respostas do TE com estímulos de fala podem fornecer informações sobre a codificação neural para sons de fala. A análise das respostas obtidas para indivíduos com desenvolvimento típico, possibilitou estimar, de forma objetiva, valores de normalidade para o potencial estudado.

Conclusão

A análise das respostas dos PEATE obtidos com estímulo de fala, na amostra de indivíduos com desenvolvimento típico, mostrou resultados de latências (ms) para as ondas V, A e Complexo VA com os seguintes valores: V=7,18 (DP=1,08); A=8,66 (DP=1,13); Complexo VA=1,49 (DP=0,43). Para as amplitudes (μV) das ondas, os valores foram: V=0,29 (DP=0,15); A=-0,3 (DP=0,18); Complexo VA=0,58 (DP=0,25). As medidas de área ($\mu\text{V} \times \text{ms}$) e *slope* ($\mu\text{V}/\text{ms}$) foram 0,27 (DP=0,17) e

0,4 (DP=0,17) respectivamente. A partir da pesquisa bibliográfica e dos dados da presente pesquisa, pode-se constatar que este potencial surge como uma nova ferramenta para o conhecimento da codificação dos sons em nível de TE, e podem fornecer informações importantes sobre os mecanismos e bases neurais das funções auditivas normais e alteradas, já que este pode mostrar medidas quantificáveis de uma codificação neural do som de fala, independente da atenção do indivíduo.

Referências Bibliográficas

1. Matas CG. Audiometria de tronco cerebral. In: Carvalho RMM. Fonoaudiologia: informação para a formação - procedimento em Audiologia. São Paulo: Guanabara Koogan; 2003. p. 43-56.
2. Krishnan A. Human frequency - following responses: representation of steady-state synthetic vowels. *Hear Res.* 2002;166:192-201.
3. Russo N, Trent N, Musacchia G, Kraus N. Brainstem responses to speech syllables. *Clin Neurophysiol.* 2004;115:2021-30.
4. Kraus N, Nicol T. Aggregate neural responses to speech sounds in the central auditory system. *Speech Communication.* 2003;41:35-47.
5. Hayes EA, Warrier CM., Nicol T G, Zecker SG, Kraus N. Neural plasticity following auditory training in children with learning problems. *Clin Neurophysiol.* 2003;114: 673-84.
6. Johnson KL, Nicol TG, Kraus N. Brainstem response to speech: a biological marker of auditory processing. *Ear Hear.* 2005;26(5):424- 34.
7. Abrams DA, Nicol T, Zecker SG, Kraus N. Auditory brainstem timing predicts cerebral asymmetry for speech. *J. Neurosci.* 2006;26(43):11131-37.
8. Filippini R, Schochat E. Potenciais evocados auditivos de tronco encefálico com estímulo de fala no transtorno do processamento auditivo. *Rev. Bras. Otorrinol.* 2009;75(3):449-55.
9. King C, Warrier CM, Hayes E, Kraus N. Deficits in auditory brainstem pathway encoding of speech sounds in children with learning problems. *Neuroscience Letters.* 2002;319:111-15.
10. Banai K, Ahissar M. Poor frequency discrimination probes dyslexics with particularly impaired working memory. *Audiol Neurotol.* 2004;9:328-40.
11. Wible B, Nicol T, Kraus N. Correlation between brainstem and cortical auditory processes in normal and language-impaired children. *Brain.* 2005;128(2):417-23.
12. Russo NM, Nicol TG, Zecker SG, Hayes EA, Kraus N. Auditory training improves neural timing in the human brainstem. *Behav Brain Res.* 2005;156(1):95-103.
13. Song JH, Banai K, Russo NM, Kraus N. On the relationship between speech- and nonspeech-evoked auditory brainstem responses. *Audiol Neurotol.* 2006;11:233-41.
14. Wible B, Nicol T, Kraus N. Atypical brainstem representation of onset and formant structure of speech sounds in children with language-based learning problems. *Biological Psychology.* 2004;67:299-317.
15. Pereira LD, Schochat E. Fala com ruído. In: Pereira LD, Schochat E. Processamento auditivo central; manual de avaliação. São Paulo: Lovise; 1997. p. 99-102.
16. Auditec 1997. Evaluation manual of pitch pattern sequence and duration pattern sequence. Missouri, USA: Auditec; 1997.
17. Hall JW. Effect nonpathologic subject characteristics. In: Hall JW. Handbook of auditory evoked response. Massachusetts: Allyn and Bacon; 1990. p. 75-8.
18. Johnson KL, Nicol TG, Zecker SG, Kraus N. Auditory brainstem correlates of perceptual timing deficits. *J Cogn Neurosci.* 2007;19(3):376-85.