

Os efeitos da polaridade do estímulo nos Potenciais Evocados Auditivos de Tronco Encefálico

Janaina Patricio de Lima¹, Kátia de Freitas Alvarenga², Tábata Pierini Foelkel³, Camila Zotelli Monteiro⁴, Raquel Sampaio Agostinbo⁵

Polarity stimulation effects on brainstem auditory evoked potentials

Palavras-chave: audição, potenciais evocados, potenciais evocados auditivos.

Keywords: hearing, evoked potentials, auditory evoked potentials.

Resumo / Summary

Os Potenciais Evocados Auditivos de Tronco Encefálico (PEATE) são considerados potenciais exógenos, ou seja, as respostas obtidas são altamente dependentes da característica do estímulo utilizado para evocá-los. **Objetivo:** Averiguar a influência da polaridade do estímulo clique na pesquisa dos PEATE em diferentes intensidades, utilizando-se fone de inserção. **Forma de Estudo:** Clínico. **Material e Método:** 33 indivíduos, idade entre 18 e 28 anos, sem alteração auditiva foram submetidos à pesquisa dos PEATE, com estímulo clique nas polaridades de rarefação, condensação e alternada, em diferentes intensidades. **Resultados:** As latências absolutas da onda V mostraram-se menores na polaridade de rarefação quando comparadas às demais e na intensidade de 80 dBnHL houve diferença significante entre a rarefação e as demais polaridades para as latências interpicos III-V e I-V. Houve alta correlação entre as polaridades de condensação e alternada para as latências absolutas e interpicos na intensidade de 80 dBnHL. **Conclusão:** A polaridade do estímulo clique influencia significativamente nos PEATE. Na rotina em que se utiliza o fone TDH 39, com apresentação de polaridade alternada, sugere-se que o uso da polaridade de condensação seja mais adequado para efeitos de comparação padronizada, devido à maior semelhança das latências encontradas nesse estudo com fone de inserção.

Brainstem Auditory Evoked Potentials are considered exogenous potentials, that is, the responses obtained are highly dependent upon the characteristic of the stimulus used to evoke them. **Aim:** To investigate the influence of the click stimulus polarity in the study of Brainstem Evoked Response Audiometry (BERA) at different intensities, using insertion-canal earphones. **Type of Study:** Clinical. **Materials and methods:** 33 individuals, aged between 18 and 28, with no auditory alteration were submitted to BERA testing, with click stimulus on the rarefaction, condensation and alternate polarities, in different intensities. **Results:** The absolute latencies of the V wave proved to be lower in the rarefaction polarity when compared to the others and, at 80 dBnHL, there was a significant difference between rarefaction and the other polarities for interpeak latencies III-V and I-V. There was a high correlation between the condensation and alternating polarities for absolute and interpeak latencies at 80 dBnHL. **Conclusion:** the click stimulus polarity has a significant influence on BERA. In the routine use of the TDH 39 earphone, with alternating polarity, we suggest that condensation polarity is more adequate for standardized comparison purposes, due to the higher similarity of the latencies found in this insertion earphone study.

¹ Fonoaudióloga.

² Doutora, Professora Livre-Docente.

³ Fonoaudióloga.

⁴ Fonoaudióloga.

⁵ Fonoaudióloga.

Universidade de São Paulo- Faculdade de Odontologia de Bauru - Departamento de Fonoaudiologia.

Endereço para correspondência: Dra Kátia de Freitas Alvarenga - Faculdade de Odontologia de Bauru - Departamento de Fonoaudiologia - Alameda Dr. Octávio Pinheiro Brisolla 9-75 Bauru SP 17012-901.

Este artigo foi submetido no SGP (Sistema de Gestão de Publicações) da RBORL em 3 de junho de 2007. cod.4580

Artigo aceito em 1 de fevereiro de 2008.

INTRODUÇÃO

Os Potenciais Auditivos Evocados de Tronco Encefálico (PEATE) representam a descarga sincrônica das unidades auditivas que engloba desde a primeira porção do nervo auditivo até estruturas de tronco encefálico a partir de um dado estímulo, e caracterizam-se por uma seqüência de sete ondas (I, II, III, IV, V, VI e VII) que ocorrem nos primeiros 10ms acompanhando a apresentação do estímulo acústico de forte intensidade (80 dBnHL)¹.

Os PEATE são considerados potenciais exógenos, ou seja, as características do estímulo que estão sendo utilizados influenciam diretamente na resposta obtida. Dentre estas características pode-se citar o tipo de estímulo, intensidade, taxa de apresentação e a polaridade. O estímulo, o clique é comumente utilizado, pois ele é capaz de desencadear respostas abruptas com boa sincronia neural para a produção dos componentes de onda do PEATE.²

Considerando especificamente a polaridade e intensidade do estímulo, tem sido discutida na literatura específica a influência destas características na latência do potencial pesquisado.

A polaridade do estímulo pode ser de três tipos: rarefação (polaridade negativa), condensação (polaridade positiva) e alternada (polaridade negativa/positiva). A maneira pela qual o sistema auditivo responde ao estímulo difere de acordo com a polaridade, sendo que na rarefação ocorre geralmente uma movimentação para fora da base do estribo e um movimento ascendente nas estruturas do Órgão de Córti; na condensação, o movimento inicial do estribo ocorre para dentro, seguido de uma movimentação inversa à descrita. Já na polaridade alternada há uma combinação entre as polaridades de condensação e rarefação em apresentações subseqüentes.³

A diferença na latência dos potenciais evocados auditivos obtidos com rarefação e condensação já tem sido descrita³⁻¹⁰ e alguns autores relataram que a polaridade de rarefação tem sido a mais utilizada na rotina clínica, devido à maior sensibilidade diagnóstica quando comparada à polaridade de condensação^{2,11}. Na maioria dos indivíduos, a polaridade de rarefação gera potenciais com menores latências e variabilidade que não ultrapassa 0,1 a 0,2 milissegundos em ouvintes normais^{2,12}.

Essa diferença entre as polaridades de rarefação e condensação tem sido atribuída a diversos fatores, tais como: sensibilidade auditiva, mecanismos de orelha média, frequência do estímulo clique, posição dos eletrodos, patologias auditivas e comprometimento de perda auditiva em alta-freqüência³⁻¹⁰.

Com relação à função latência-intensidade, caracteristicamente a diminuição da intensidade do estímulo gera um aumento da latência e diminuição da amplitude da resposta neural. Esse aumento de latência ocorre lentamente para intensidades entre 90 a 60 dBnHL, e nos menores

níveis de intensidade há um aumento rápido. Contudo, as ondas I, III e V são mais facilmente identificadas em intensidades maiores, em 80 dBnHL em indivíduos normais, sendo que em 20 dBnHL apenas a onda V é observada, sendo então utilizada para determinar o nível mínimo de resposta no indivíduo. Assim, a análise da função latência-intensidade da onda V pode fornecer informações a respeito da etiologia da perda auditiva (condutiva, neurossensorial coclear ou retrococlear), dependendo do tipo de resposta apresentada¹³. A latência da onda V pode estar dentro da normalidade quando o estímulo fornecido for de alta intensidade, mas pode estar fora dessa normalidade quando a intensidade é diminuída, em casos cocleares. Em um outro momento, a função latência-intensidade da onda V pode estar totalmente deslocada para direita dos limites normais, podendo ocorrer em perdas condutivas e retrococleares¹³.

O presente estudo teve como objetivo averiguar a influência da polaridade do estímulo clique nas latências absolutas e latências interpicos dos potenciais evocados auditivos de tronco encefálico em diferentes intensidades, utilizando-se fone de inserção.

CASUÍSTICA E MÉTODO

O presente estudo foi realizado com aprovação do Comitê de Ética, processo número 24/2005.

Participaram deste estudo 33 indivíduos voluntários normais, sendo 17 do gênero feminino e 16 do gênero masculino, na faixa etária de 18 a 28 anos (idade média: 22,82), sem histórico de risco para alterações auditivas, com limiares auditivos de até 25dBNA, com curva timpanométricas do tipo A.

Foi realizada audiometria tonal liminar (ATL) em cabina acústica, utilizando-se o audiômetro da Madsen, modelo MD622, fone TDH-39 e coxim MX-41, com calibração segundo norma ISO 8253/ IEC 645/ ISSO 389. Foram pesquisados os limiares tonais nas freqüências de 0,5 a 8 kHz por via aérea, sendo considerado normal, limiar auditivo \leq 25 dBNA.

A pesquisa da imitância acústica foi realizada com o equipamento Az7, Interacoustic, a fim de descartar indivíduos com alteração de orelha média, sendo considerada normal a curva timpanométrica do tipo A14. Para tanto, utilizou-se um analisador de orelha média digital Interacoustic AZ26, calibrado segundo norma ISO 8253/ IEC 645/ ISSO 389-1991.

O exame foi realizado em cabina tratada acústica tratada eletricamente, com o indivíduo deitado confortavelmente e de olhos fechados (eliminação do artefato causado pela movimentação ocular), com fone de inserção 3A, mantendo impedância individual menor que 5KW e impedância entre eles menor que 2KW.

Foram utilizados eletrodos descartáveis para ECG AG/AGCL, posicionados de acordo com o Sistema Inter-

nacional 10-20: o eletrodo ativo foi posicionado em Fz e conectado na entrada 1 do canal 1 interligado ao canal 2 pelo jumper; eletrodos-referência posicionados em A1 e A2 (lóbulo esquerdo e direito) e conectados na entrada 2 do canal 1 e 2, respectivamente, permitindo assim o registro ipsilateral e contralateral dos PEATE, simultaneamente. O eletrodo terra foi colocado na posição Fpz.

O estímulo utilizado foi o clique com polaridades de rarefação, condensação e alternada nas intensidades de 80, 60; 40 e 20dBnHL, com diferentes seqüências de utilização das polaridades. A taxa de apresentação foi de 21,2 c/seg, sendo promediados 2000 cliques com duplicação de resposta. O filtro passa-banda foi de 100 a 3000 Hz e janela de 15ms.

Foram medidas as latências absolutas das ondas I, III, V e interpícos I - III, III - V e I - V na intensidade de 80 dB nHL, e latência absoluta da onda V para as intensidades de 60, 40 e 20 dBnHL.

Foi realizada a análise estatística descritiva (média e desvio padrão). Para a comparação dos resultados dos

valores de latências absolutas e interpícos entre as polaridades foi utilizado o teste ANOVA para medidas repetidas e Teste de Tukey para as diferenças encontradas nessa comparação. A correlação entre as latências absolutas e interpícos das ondas I, III e V nas diferentes polaridades foi verificada por meio do Teste de Correlação de Pearson. O valor de significância adotado foi o de 5%, ou seja, $p \leq 0,05$.

RESULTADOS

As Tabelas 1 e 2 mostram a média e desvio padrão das latências absolutas e latências interpícos, respectivamente, encontradas nas diferentes intensidades (80, 60, 40 e 20 dBnHL), de acordo com a polaridade do estímulo clique (rarefação, condensação e alternada). Foram medidas as latências absolutas das ondas I, III, V e interpícos I-III, III-V e I-V na intensidade de 80 dB nHL, e latência absoluta da onda V para as intensidades de 80, 60, 40 e 20 dB nHL.

Tabela 1. Análise estatística descritiva das latências absolutas (ms) das ondas I, III e V na intensidade de 80 dBnHL e da onda V nas intensidades de 60, 40 e 20dBnHL, considerando as polaridades do estímulo clique.

	Latências absolutas					
	Onda I	Onda III	Onda V	Onda V	Onda V	Onda V
	80	80	80	60	40	20
R	1,68±,1245	3,75±,2104	5,56±,2673	6,08±,2753	6,87±,3730	7,76±,3948
C	1,71±,1289	3,79±,1436	5,70±,2052	6,08±,2753	6,86±,3444	7,91±,3932
A	1,69±,1051	3,81±,1427	5,66±,2322	6,09±,2953	6,89±,3337	7,92±,3818

Legenda: R- rarefação; C- condensação; A- alternada.

Tabela 2. Análise estatística descritiva das latências interpícos I-III, III-V e I-V na intensidade de 80 dBnHL, considerando as polaridades do estímulo clique.

	Latências interpícos		
	I-III	III-V	I-V
R	2,06±,2131	1,81±,2278	3,87±,2675
C	2,07±,1345	1,91±,1389	3,98±,1965
A	2,12±,1440	1,85±,1789	3,98±,2317

Legenda: R- rarefação; C- condensação; A- alternada.

Tabela 4. Latências interpícos na intensidade de 80 dBnHL Teste ANOVA para medidas repetidas.

	Latências interpícos		
	I-III	III-V	I-V
P	,12531	,02029*	,00128*

* $p \leq 0,05$: estatisticamente significativa.

Tabela 3. Comparação das latências absolutas (ms) obtidas nas polaridades do estímulo clique (rarefação, condensação e alternada) considerando as intensidades testadas (dBnHL). Teste ANOVA para medidas repetidas.

	Latências absolutas					
	I	III	V	V-60	V-40	V-20
p	,18986	,08352	,00005*	,86729	,89296	,02122*

* $p \leq 0,05$: estatisticamente significativa.

O resultado do teste estatístico ANOVA para a comparação das latências absolutas e latências interpícos obtidas nas diferentes polaridades encontra-se nas Tabelas 3 e 4, respectivamente. Para complementação da análise foi realizado o teste de Tukey, como apresentado na Tabela 5.

No teste de correlação de Pearson constatou-se correlação significativa quando comparadas as latências absolutas das ondas I, III e V na intensidade de 80 dBnHL, nas diferentes polaridades: condensação, rarefação e alternada ($p \leq 0,01$).

Tabela 5. Análise das latências absolutas e interpicos que foram significativamente diferentes entre as polaridades do estímulo clique. Teste de Tukey.

	III-V (80 dBnHL)	I-V (80 dBnHL)	V (80 dBnHL)	V (20dBnHL)
R x C	,01530*	,00414*	,00016*	,09104
R x A	,44486	,00414*	,00299*	,81964
C x A	,23383	1,0000	,45646	,02252*

* p<0,05: estatisticamente significativa.

Legenda: R- rarefação; C- condensação; A- alternada.

Os Gráficos 1,2 e 3 mostram o resultado do teste de correlação de Pearson para as latências interpicos I-III, III-V e I-V na intensidade de 80 dB nHL para as diferentes polaridades do estímulo clique.

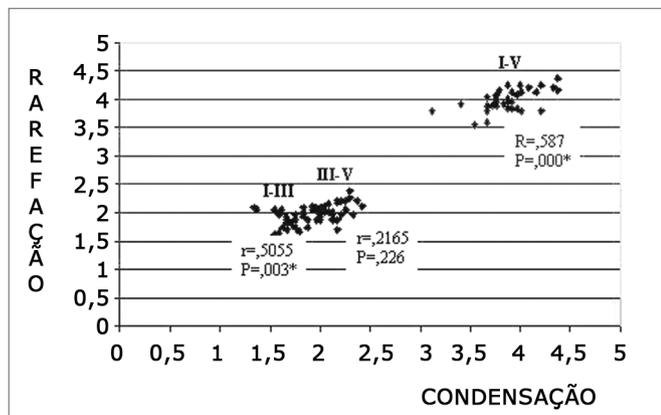


Gráfico 1. Correlação entre as latências interpicos I-III, III-V e I-V nas polaridades de rarefação e condensação na intensidade de 80 dB nHL. 0,05: estatisticamente significativa.£- * p

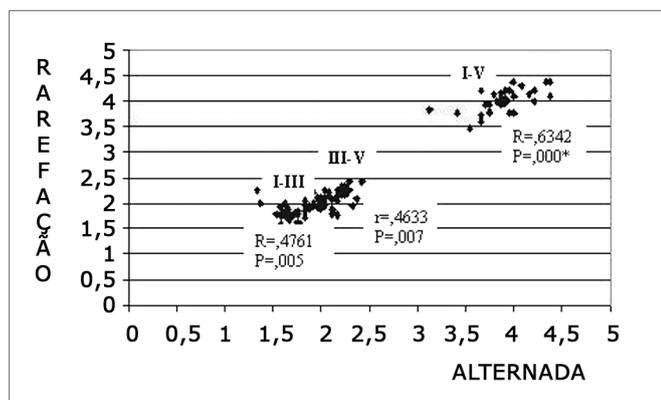


Gráfico 2. Correlação entre as latências interpicos I-III, III-V e I-V nas polaridades de rarefação e alternada na intensidade de 80 dB nHL. 0,05: estatisticamente significativa.£- * p

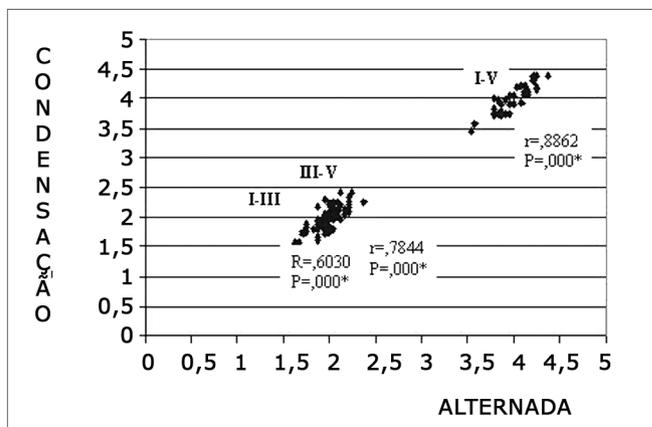


Gráfico 3. Correlação entre as latências interpicos I-III, III-V e I-V nas polaridades de condensação e alternada na intensidade de 80 dB nHL. 0,05: estatisticamente significativa.£- * p

DISCUSSÃO

A pesquisa dos potenciais evocados auditivos de tronco encefálico (PEATE) é um procedimento amplamente utilizado na avaliação audiológica, pois a análise das latências absolutas e latências interpicos das ondas I, III e V, bem como a pesquisa do limiar eletrofisiológico, por meio da função latência-intensidade da onda V, auxilia o clínico no diagnóstico diferencial da perda auditiva (coclear e retrococlear) e também na predição do grau da perda auditiva quando métodos comportamentais não são possíveis de serem realizados.

Por tratar-se de um potencial exógeno, a característica do estímulo é uma variável a ser controlada, pois interfere de forma determinante no registro dos PEATES. Desta forma, a escolha da polaridade do estímulo clique tem sido amplamente discutida na literatura específica.

Clinicamente, não existe um consenso quanto à polaridade do estímulo clique mais adequada para a pesquisa dos PEATE. Nos equipamentos que utilizam o fone TDH39, a polaridade alternada é a mais utilizada visto que, o artefato elétrico gerado no registro por este transdutor pode mascarar a onda I (atividade elétrica gerada na porção distal do nervo auditivo), dificultando sua análise. Desta forma, com a polaridade alternada, no momento da

promediação do sinal, o artefato elétrico será reduzido no registro, devido ao fato do mesmo seguir a polaridade do estímulo aplicado, sendo assim, praticamente cancelado.

A possibilidade de utilizar o fone de inserção 3A na prática audiológica diminuiu este problema, visto que o artefato elétrico produzido por este transdutor não é significativo. Assim, as polaridades simples (condensação e rarefação) passaram a ser utilizadas rotineiramente, principalmente com o objetivo de registrar o microfonismo coclear (potencial sensorial gerado na cóclea), auxiliando no diagnóstico da Neuropatia auditiva/Dessincronia Auditiva, distúrbio auditivo recentemente descrito. Importante ressaltar que, o microfonismo coclear é um potencial de corrente alternada, seguindo assim a polaridade do estímulo e conseqüentemente pode haver seu cancelamento ou uma drástica redução na amplitude do mesmo quando utilizada a polaridade alternada.

Considerando que a forma de estimulação das estruturas do Órgão de Córti difere de acordo com a polaridade³ é possível supor que a atividade elétrica gerada pode apresentar características específicas quando utilizadas as polaridades de condensação, rarefação e alternada, possíveis de serem observadas na morfologia e latência dos PEATEs^{4,15-21}. Desta forma, na análise dos resultados é imprescindível considerar que os valores de latência absoluta e latência interpico normais podem variar de acordo com a polaridade do estímulo. Entretanto, na literatura específica não há um consenso, visto que, enquanto um estudo demonstra que a rarefação apresenta maior sensibilidade sendo assim mais utilizada na prática clínica¹¹, posterior trabalho não confirma este achado².

No presente estudo, os achados demonstraram que os valores médios das latências absolutas e latências interpicos das ondas I, III e V mostraram-se, de forma geral, menores na polaridade de rarefação quando comparadas às polaridades de condensação e alternada (Tabelas 1 e 2). Este achado é condizente com o descrito na literatura que aponta que a polaridade de rarefação gera menores latências quando comparada à condensação^{2,12,20}. Não foram encontrados estudos que na análise considerassem a polaridade alternada.

Na intensidade de 80 dBnHL, geralmente utilizada na prática clínica para a realização do neurodiagnóstico, foi constatada diferença estatisticamente significativa entre a polaridade de rarefação e as demais polaridades (condensação e alternada) para a latência absoluta da onda V e latências interpicos III-V e I-V (Tabelas 3, 4 e 5). Desta forma, na análise dos PEATEs a 80 dBnHL, não é indicado utilizar os mesmos valores de referência de normalidade para as respostas obtidas com o estímulo clique de rarefação e condensação, pois caso contrário, pode-se chegar a diagnósticos errôneos. Por outro lado, no caso de não haver valores de referência de normalidade para a polaridade alternada, sugere-se utilizar os valores referentes

à polaridade de condensação, pois não apresentaram diferença estatisticamente significativa na intensidade de 80 dBnHL.

Na análise da função latência-intensidade da onda V, procedimento que pode fornecer importantes informações quanto ao tipo de perda auditiva: condutiva, coclear ou retrococlear¹³, a análise da latência da onda V obtida a 20 dBnHL difere significativamente entre as polaridades de condensação e alternada (Tabela 5), devendo assim ser analisada cuidadosamente.

Nos indivíduos normais, as latências absolutas das ondas I, III e V obtidas nas diferentes polaridades e na intensidade de 80 dBnHL demonstraram alta correlação - Teste de correlação de Pearson. Contudo, as latências interpicos III-V obtidas com polaridade rarefação e condensação, e latências interpicos I-III e III-V obtidas com polaridade rarefação e alternada não demonstraram correlação significativa (Gráficos 1 e 2), sugerindo a possibilidade de existir laudo diferente no PEATE (normal ou alterado) quando realizado em diferentes polaridades. Mantendo consistência com os dados descritos anteriormente, as polaridades de condensação e alternada mostraram alta correlação tanto para as latências absolutas e latências interpicos.

Os resultados apresentaram indícios que realmente a sensibilidade do PEATE para constatar alterações auditivas pode variar de acordo com a polaridade do clique utilizada, rarefação e condensação².

Assim, na prática clínica deve-se determinar qual a polaridade será normalmente utilizada, definindo-se assim, os valores normais de latências absolutas e latências interpicos que serão utilizados para realizar o diagnóstico diferencial das perdas auditivas neurosensoriais.

CONCLUSÃO

O presente estudo permitiu concluir que a polaridade do estímulo clique (condensação, rarefação e alternada) influencia significativamente nas latências absolutas e latências interpicos das ondas I, III e V, com maior diferença na polaridade de rarefação. Na rotina em que se utiliza o fone TDH 39, com apresentação de polaridade alternada, sugere-se que o uso da polaridade de condensação seja mais adequado para efeitos de comparação padronizada, devido à maior semelhança das latências encontradas nesse estudo com fone de inserção.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Jewett DL, Williston JS. Auditory evoked far fields average from the scalp of humans. *Brain* 1971;4:681-96.
2. Fowler CG, Bauch CD, Olsen WO. Diagnostic implications of stimulus polarity effects on the auditory brainstem response. *J Am Acad Audiol* 2002;13(2):72-82.
3. Hall JW. *Handbook of Auditory Evoked Responses*. Ally and Bacon; 1992.

-
4. Hughes JR, Fino J, Gagnon L. The importance of phase of stimulus and the reference recording electrode in brain stem auditory evoked potentials. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 1981;51(6):611-23.
 5. Orlando MS, Folsom RC. The effects of reversing the polarity of frequency-limited single-cycle stimuli on the human auditory brain stem response. *Ear Hear* 1995;16:311-20.
 6. Borg E, Lofqvist L. Auditory brainstem response (ABR) to rarefaction and condensation clicks in normal and abnormal ears. *Scand Audiol* 1982;11:227-35.
 7. Coats AC, Martin JL, Kidder HR. Normal short-latency electrophysiological filtered click responses recorded from the vertex and external auditory meatus. *J Acoust Soc Am* 1979;65:747-58.
 8. Maurer K. Uncertainties of topodiagnosis of auditory nerve and brainstem auditory evoked potentials due to rarefaction and condensation stimuli. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 1980;50:332-4.
 9. Salt AN, Thornton ARD. The effects of stimulus rise-time and polarity on the auditory brainstem responses. *Scan Audiol* 1984;13:119-27.
 10. Nunes CS, Matas CG. Audiometria de tronco encefálico utilizando diferentes polaridades de apresentação do estímulo acústico. *Rev Chil Fonaudiol* 2005;6(2):7-16.
 11. Schwartz DM, Morris MD, Spydell JD, Charlotte TB, Grim MA, Schwartz JA. Influence of click polarity on the brain-stem auditory evoked response (BAER) revisited. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 1990;77:445-57.
 12. Ferraro JA, Durrant JD. Potenciais Auditivos Evocados: visao geral e princípios básicos. In: Katz, J. *Tratado de Audiologia Clínica*. 4ª ed. Editora Manole; 1999. p. 315-336.
 13. Stapells DR, Oates P. Estimation of the pure-tone audiogram by the auditory brainstem response: a review. *Audiol Neurootol* 1997;2(2):257-80.
 14. Jerger J. Clinical experience with impedance audiometry. *Arch Otolaryngol* 1970;92:311.
 15. Gerul G, Mrowinski D, Janssen T, Anft D. Auditory brainstem responses to single-slope stimuli. The influence of steepness and polarity. *Scand Audiol* 1987;16(4):227-35.
 16. Beattie RC. Interaction of click polarity, stimulus level, and repetition rate on the auditory brainstem response. *Scand Audiol* 1988;17(2):99-109.
 17. Cassvan A, Ralescu S, Shames J, Medina E. Combined effect of click rate and stimulus polarity on BAEP latencies. *Electromyogr Clin Neurophysiol* 1989;29(7-8):453-8.
 18. Ballachanda BB, Moushegian G, Stillman RD. Adaptation of the auditory brainstem response: effects of click intensity, polarity, and position. *J Am Acad Audiol* 1992;3(4):275-82.
 19. Fowler CG. Effects of stimulus phase on the normal auditory brainstem response. *J Speech Hear Res* 1992;35(1):167-74.
 20. Rawool VW. Effects of click polarity on the auditory brainstem responses of older men. *Audiology* 1998;37(2):100-8.
 21. Arslan E, Santarelli R, Sparacino G, Sella G. Compound action potential and cochlear microphonic extracted from electrocochleographic responses to condensation or rarefaction clicks. *Acta Otolaryngol* 2000;120(2):192-6.