

Comparação dos estímulos clique e *CE-chirp*[®] no registro do Potencial Evocado Auditivo de Tronco Encefálico

Comparison of click and CE-chirp[®] stimuli on Brainstem Auditory Evoked Potential recording

Gabriela Ribeiro Ivo Rodrigues¹, Doris Ruthi Lewis²

RESUMO

Objetivo: Comparar as latências e as amplitudes da onda V no registro do Potencial Evocado Auditivo de Tronco Encefálico (PEATE) com os estímulos clique e *CE-chirp*[®] e a presença ou ausência das ondas I, III e V em fortes intensidades. **Métodos:** Estudo transversal com 12 adultos com limiares audiométricos ≤ 15 dBNA (24 orelhas) e idade média de 27 anos. Os parâmetros utilizados para o registro com os dois estímulos nas intensidades de 80, 60, 40, 20 dBnNA foram polaridade alternada e taxa de repetição de 27,1 Hz. **Resultados:** As latências da onda V observadas com *CE-chirp*[®] foram maiores que as observadas com o clique nas intensidades fracas (20 e 40 dBnNA). Já nas intensidades fortes (60 e 80 dBnNA), o oposto ocorreu. Maiores amplitudes foram observadas com o *CE-chirp*[®] em todas as intensidades, exceto em 80 dBnNA. **Conclusão:** O *CE-chirp*[®] apresentou latências mais curtas que as observadas com o clique em fortes intensidades e maiores amplitudes em todas as intensidades, exceto em 80 dBnNA. As ondas I e III tenderam a desaparecer quando o estímulo *CE-chirp*[®] foi utilizado.

Descritores: Potenciais evocados auditivos; Potenciais evocados auditivos do tronco encefálico; Eletrofisiologia; Audição; Testes auditivos

INTRODUÇÃO

Potenciais Evocados Auditivos de Tronco Encefálico (PEATE) são historicamente registrados com cliques, que, em virtude de seu início abrupto e composição de banda larga, acredita-se ativar uma ampla região da cóclea de forma sincrônica⁽¹⁾.

No entanto, estudos têm mostrado que a resposta ao clique não é totalmente sincronizada. Quando um clique atinge a membrana basilar, a onda sonora resultante leva um tempo considerável para atingir, a partir da base, o ápice da cóclea. O auge da resposta ocorre milésimos de segundos mais tarde nas regiões de baixa frequência do que nas regiões de alta

frequência. Por este motivo, as células ao longo da membrana basilar não são estimuladas ao mesmo tempo, resultando em uma despolarização assíncrona dos neurônios. É preciso mais tempo para que a região de baixa frequência possa alcançar o deslocamento máximo atingido na base da cóclea, de modo que todos os neurônios ao longo da membrana basilar despolarizem de forma simultânea⁽¹⁻⁴⁾.

Estas observações revelaram pontos negativos do estímulo clique no registro dos PEATE, mas também sugeriram pontos que poderiam ser modificados na construção de novos estímulos. Alternativas para o clique têm sido desenvolvidas objetivando uma ativação neuronal simultânea ao longo da membrana basilar, e consequentemente o registro de respostas com maior amplitude⁽¹⁻⁴⁾. Este estímulo, denominado *chirp*, foi primeiramente desenvolvido com base em equações que consideram as propriedades mecânicas da cóclea⁽⁴⁾ e, recentemente, em equações baseadas em bandas derivadas da latência do registro do PEATE em humanos⁽⁵⁾.

Claus Elberling e um grupo de pesquisadores vêm desenvolvendo vários estudos visando construir um modelo de *chirp* que compense a dispersão temporal da onda sonora na cóclea a partir de equações baseadas nas latências de registros de PEATE em humanos. Patenteado de *CE-chirp*[®] em homenagem a Claus Elberling, este estímulo foi construído com base em modelos reais do tempo de viagem da onda sonora na cóclea humana^(3,5,6).

Trabalho desenvolvido no Centro Audição na Criança, Divisão de Educação e Reabilitação dos Distúrbios da Comunicação, Pontifícia Universidade Católica de São Paulo – CeAC/DERDIC/PUC-SP – São Paulo (SP), Brasil.

Conflito de interesses: Não

(1) Centro Audição na Criança, Divisão de Educação e Reabilitação dos Distúrbios da Comunicação, Pontifícia Universidade Católica de São Paulo – DERDIC/PUC-SP – São Paulo (SP), Brasil.

(2) Faculdade de Fonoaudiologia, Pontifícia Universidade Católica de São Paulo – PUC-SP – São Paulo (SP), Brasil.

Endereço para correspondência: Gabriela Ribeiro Ivo Rodrigues. Centro Audição na Criança, DERDIC, PUC-SP. R. Estado de Israel, 860, Vl. Clementino, São Paulo (SP), Brasil, CEP: 04022-040. E-mail: gabrielaivo@hotmail.com

Recebido em: 26/6/2012; **Aceito em:** 8/10/2012

O *CE-chirp*[®] possui o mesmo espectro de frequência que um clique. A diferença é o tempo de apresentação dos componentes de frequência baixa, média e alta com o objetivo de estimular todas as regiões de frequência da cóclea de forma simultânea. Esta despolarização simultânea de todas as regiões de frequência da cóclea promete maiores amplitudes de resposta no registro do PEATE⁽⁷⁾.

Maiores amplitudes podem ser interessantes para aplicações clínicas, pois podem facilitar a visualização das respostas por parte do avaliador, facilitando a identificação das ondas. Ainda mais na pesquisa dos limiares eletrofisiológicos, já que as amplitudes do PEATE são menores quando se encontram próximas ao limiar auditivo.

Embora a utilização do estímulo *chirp* seja promissora, antes de pensar sua aplicação na prática clínica é importante documentar os resultados deste novo estímulo em comparação com o tradicional estímulo utilizado. Neste estudo, a latência e a amplitude da onda V de PEATE registrados com os estímulos clique e *CE-chirp*[®] foram comparadas, assim como a presença e a ausência das ondas I, III e V em fortes intensidades.

MÉTODOS

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 recebeu aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa (protocolo 316/2008). Todos os sujeitos assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, consentindo, desta forma, com a realização e divulgação desta pesquisa e de seus resultados, conforme Resolução 196/96.

Participaram deste estudo 12 adultos (seis mulheres e seis homens) com audição normal, na faixa etária de 21 a 30 anos (média 27 anos), totalizando 24 orelhas. A presença de curva timpanométrica do tipo A e limiares audiométricos ≤ 15 dBNA antes da avaliação eletrofisiológica da audição foram os critérios de inclusão adotados.

O registro do PEATE com os estímulos clique e *CE-chirp*[®] foi realizado no equipamento Eclipse EP25 ABR system, da marca Interacoustics®. Os exames foram realizados com os sujeitos em sono natural ou em estado de relaxamento. Os eletrodos de referência foram dispostos nas mastoides direita (A2) e esquerda (A1), e os eletrodos ativo (Fz) e terra (Fpz) na frente. O registro só foi realizado com a impedância dos eletrodos abaixo de 3 k Ω . Filtros de 100 Hz a 3 kHz foram utilizados durante o registro, e o equipamento realizava uma estimativa constante do ruído residual. O registro era interrompido quando, depois de 800 estímulos, o ruído residual estava abaixo de 40 nV⁽⁸⁾.

Os estímulos clique e *CE-chirp*[®] possuem o mesmo espectro de frequência (350 Hz – 11,3 kHz) e foram apresentados a 27,1 estímulos por segundo na polaridade alternada por meio de fones de inserção ER3A.

O registro do PEATE iniciou com o estímulo clique na intensidade de 80 dBnNA e em seguida as respostas foram registradas nas intensidades de 60, 40 e 20 dBnNA. Após o registro com o estímulo clique, o registro do PEATE com o estímulo *CE-chirp*[®] foi iniciado na mesma orelha. Em seguida,

a mesma ordem de registro foi iniciada na outra orelha.

As repostas foram registradas em ambas as orelhas em todas as intensidades pesquisadas (n=24). A amplitude e a latência dos registros foram determinadas pela identificação visual da onda V por um avaliador experiente. Os valores da amplitude foram obtidos pela diferença entre a marcação realizada pelo avaliador no pico positivo e negativo da onda V. A presença/ausência das ondas I, III e V nos dois estímulos testados foi analisada nas intensidades fortes (80 e 60 dBnNA).

A análise estatística foi realizada empregando o teste de Wilcoxon. O nível de significância adotado foi de 0,05 (5%) e os intervalos de confiança construídos com 95% de confiança estatística.

RESULTADOS

O teste de Wilcoxon comparou os resultados da latência e amplitude da onda V entre as orelhas direita e esquerda. Observou-se que as diferenças encontradas entre as orelhas não foram significativas (estímulo *CE-chirp*[®] – latência: p=0,106, p=0,141, p=0,262 e p=0,720, respectivamente para as intensidades de 80, 60, 40 e 20 dBnNA; amplitude: p=0,583, p=0,272, p=0,126 e p=0,433; estímulo clique – latência: p=0,154, p=0,329, p=0,141 e p=0,140, para as intensidades de 80, 60, 40 e 20 dBnNA, respectivamente; amplitude: p=0,695, p=0,388, p=0,367 e p=0,754). Por este motivo, deu-se continuidade à análise dos dados considerando sempre os valores de ambas as orelhas. Desta forma dobrou-se o tamanho amostral e conseqüentemente ganhou-se em fidedignidade dos resultados, preservando a variabilidade inicial dos dados.

Para cada intensidade, a média, a mediana, o desvio padrão, os quartis e o intervalo de confiança foram calculados para a latência (Tabela 1) e amplitude (Tabela 2) da onda V com os estímulos clique e *CE-chirp*[®].

O teste de Wilcoxon foi realizado para comparar os valores médios de latência da onda V entre os dois estímulos. A Figura 1 compara as latências observadas entre os estímulos clique e *CE-chirp*[®] nas diferentes intensidades pesquisadas.

Nas intensidades mais fortes (80 e 60 dBnNA) o estímulo *CE-chirp*[®] apresentou latências mais curtas que as observadas no registro com o estímulo clique. Já nas intensidades mais fracas (40 e 20 dBnNA), o contrário ocorreu; estando as latências observadas no registro com o estímulo clique mais curtas que as observadas com o estímulo *CE-chirp*[®].

Na Figura 2 as diferenças da amplitude da onda V obtidas no registro do PEATE com os estímulos clique e *CE-chirp*[®] foram comparadas pelo teste de Wilcoxon.

Nas intensidades pesquisadas a amplitude da onda V dos registros do PEATE com o estímulo *CE-chirp*[®] foi maior que a amplitude dos registros com o estímulo clique, sendo esta diferença significativa para as intensidades de 60, 40 e 20 dBnNA. A única exceção foi para a intensidade 80 dBnNA.

Quando a presença/ausência das ondas I, III e V foi analisada em fortes intensidades nos dois estímulos, as ondas I e III tenderam a desaparecer com a utilização do estímulo *CE-chirp*[®] (Tabela 3).

A Figura 3 apresenta os traçados do PEATE registrado com os estímulos clique e *CE-chirp*[®] de um dos sujeitos do estudo.

Tabela 1. Estatísticas descritivas para a latência da onda V do PEATE com os estímulos clique e *CE-chirp*[®]

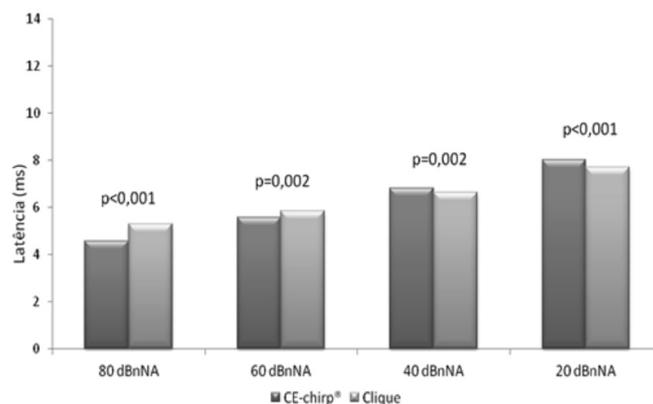
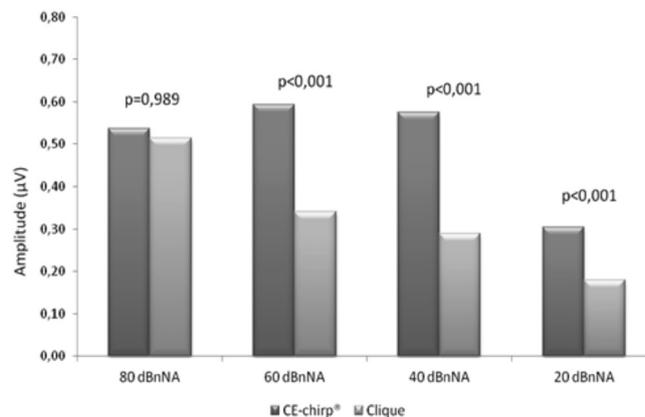
Latência	80 dBnNA		60 dBnNA		40 dBnNA		20 dBnNA	
	<i>CE-chirp</i> [®]	Clique						
Média	4,57	5,29	5,56	5,83	6,79	6,63	7,99	7,68
Mediana	4,53	5,20	5,53	5,80	6,80	6,57	7,97	7,74
DP	0,47	0,23	0,42	0,26	0,38	0,26	0,38	0,30
Q1	4,32	5,13	5,30	5,65	6,58	6,47	7,72	7,40
Q3	4,90	5,47	5,83	6,00	6,95	6,80	8,27	7,89
n	24	24	24	24	24	24	24	24
IC	0,19	0,09	0,17	0,10	0,15	0,11	0,15	0,12

Legenda: PEATE = Potenciais Evocados Auditivos de Tronco Encefálico; dBnNA = decibel nível normal de audição; DP = desvio-padrão; Q1 = quartil 1; Q3 = quartil 3; IC = intervalo de confiança

Tabela 2. Estatísticas descritivas para a amplitude da onda V do PEATE com os estímulos clique e *CE-chirp*[®]

Amplitude	80 dBnNA		60 dBnNA		40 dBnNA		20 dBnNA	
	<i>CE-chirp</i> [®]	Clique						
Média	0,537	0,515	0,593	0,340	0,575	0,290	0,304	0,180
Mediana	0,510	0,461	0,601	0,323	0,607	0,308	0,325	0,177
DP	0,154	0,187	0,139	0,128	0,165	0,079	0,116	0,077
Q1	0,441	0,383	0,517	0,254	0,440	0,229	0,204	0,111
Q3	0,628	0,649	0,650	0,404	0,676	0,345	0,393	0,237
N	24	24	24	24	24	24	24	24
IC	0,061	0,075	0,056	0,051	0,066	0,032	0,046	0,031

Legenda: PEATE = Potenciais Evocados Auditivos de Tronco Encefálico; dBnNA = decibel nível normal de audição; DP = desvio-padrão; Q1 = quartil 1; Q3 = quartil 3; IC = intervalo de confiança

**Figura 1.** Comparação entre as latências da onda V do PEATE com os estímulos clique e *CE-chirp*[®]**Figura 2.** Comparação entre as amplitudes da onda V do PEATE com os estímulos clique e *CE-chirp*[®]**Tabela 3.** Presença das ondas I, III e V em fortes intensidades no registro do PEATE com os estímulos clique e *CE-chirp*[®]

Intensidade (dBnNA)	Estímulo	Onda					
		I		III		V	
		n	%	n	%	n	%
80	Clique	24/24	(100)	24/24	(100)	24/24	100
	<i>CE-chirp</i> [®]	9/24	(37,5)	15/24	(62,5)	24/24	100
60	Clique	20/24	(83,8)	22/24	(91,7)	24/24	100
	<i>CE-chirp</i> [®]	5/24	(20,8)	8/24	(33,3)	24/24	100

Legenda: dBnNA = decibel nível normal de audição

DISCUSSÃO

Neste estudo, as diferenças observadas na comparação entre a latência e amplitude da onda V no registro do PEATE com os estímulos clique e *CE-chirp*[®] foram analisadas em adultos ouvintes. Tanto para o estímulo clique como para o estímulo

CE-chirp[®], a média das latências da onda V tornaram-se mais longas à medida que a intensidade diminuiu. Este resultado é esperado e corresponde ao comportamento da latência dos PEATE.

Em fortes intensidades (80 e 60 dBnNA) o estímulo *CE-chirp*[®] apresentou latências de onda V mais curtas que as

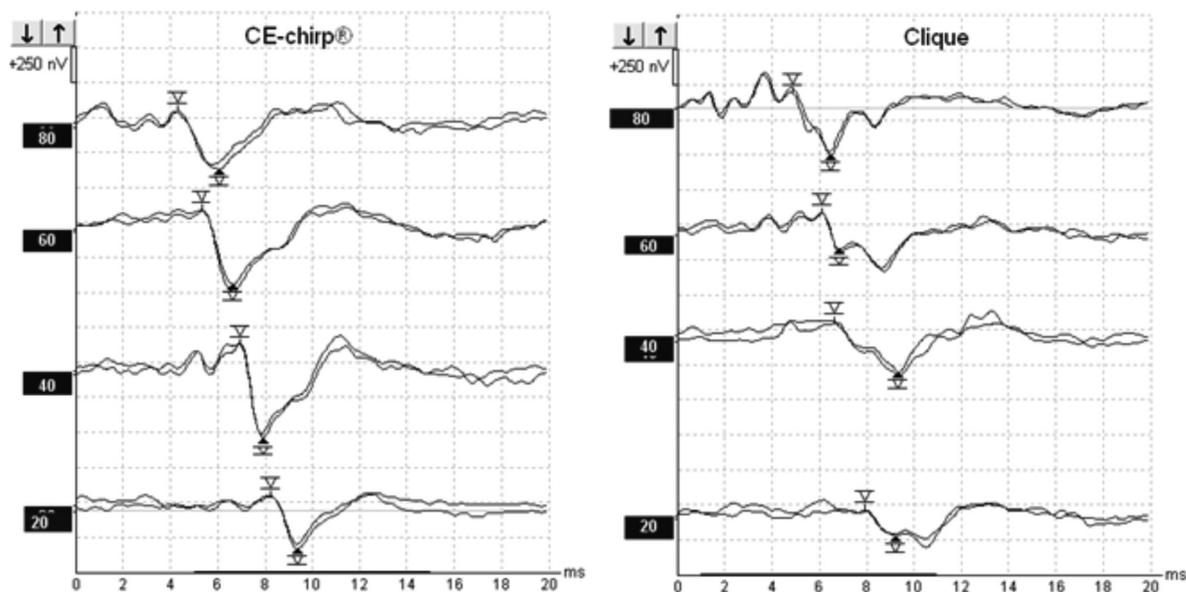


Figura 3. Exemplo do registro de PEATE com os estímulos clique e *CE-chirp*[®] em um dos sujeitos do estudo

observadas com o estímulo clique. Resultado semelhante foi relatado por outros autores⁽⁹⁾, que encontraram latências mais curtas no registro do PEATE com o estímulo *CE-chirp*[®] em 50 dBnNA do que com o estímulo clique.

Considerando o desenho do estímulo *CE-chirp*[®], espera-se que as latências com este estímulo sejam mais curtas que as obtidas no registro do PEATE com o estímulo clique. O *CE-chirp*[®] foi construído para estimular as diferentes regiões da membrana basilar simultaneamente, compensando o tempo de viagem do som na cóclea. Assim, os componentes de frequência baixa são apresentados antes dos componentes de frequência alta, ou seja, antes da referência zero da latência, de modo que latências mais curtas em resposta a este estímulo são realmente esperadas⁽⁹⁾.

As amplitudes observadas com o estímulo *CE-chirp*[®] foram significativamente maiores que as observadas com o estímulo clique em todas as intensidades, exceto em 80 dBnNA. Estes resultados são esperados e são semelhantes aos de estudos anteriores que compararam os estímulos *chirp* e clique no registro do PEATE^(3,5,6).

De um modo geral, à medida que a intensidade da estimulação diminuía, as amplitudes da onda V no registro do PEATE com o estímulo clique também diminuía. No entanto, quando o estímulo *CE-chirp*[®] foi utilizado, a amplitude aumentou de 80 para 60 dB, para somente depois decrescer e apresentar comportamento semelhante ao da amplitude com o estímulo clique.

Resultados similares foram apresentados por alguns autores^(2,5). Um estudo⁽⁵⁾ demonstrou que a amplitude do estímulo *chirp* foi menor em 60 dB do que em 50 dB. Embora a intensidade de 50 dB não tenha sido testada neste estudo, é possível observar que amplitude da onda V aumenta com o estímulo *CE-chirp*[®] enquanto diminui com o estímulo clique, quando a intensidade decresce de 80 para 60 dB.

Estudos sugerem que estes achados são decorrentes do fato de que, com o estímulo *CE-chirp*[®], em fortes intensidades, há uma propagação mais ampla da onda sonora na cóclea, de

modo que regiões que não deveriam responder são estimuladas, resultando em uma super estimulação que reduz a amplitude das respostas^(2,5,7).

Neste estudo, quando a presença/ausência das ondas I, III e V foi analisada em fortes intensidades, as ondas I e III tenderam a desaparecer com a utilização do estímulo *CE-chirp*[®]. Vale ressaltar que as ondas I e III tem um importante valor diagnóstico no registro do PEATE.

A ausência das ondas I e III e o fato de a intensidade ter relação direta com a amplitude da onda V quando *chirps* são utilizados levou Claus Elberling e seu grupo de pesquisadores a aprimorar o desenho do estímulo *CE-chirp*[®]. Ao observar que *chirps* de curta duração foram mais efetivos em fortes intensidades e *chirps* de longa duração mais efetivos em fracas intensidades, esses autores⁽⁷⁾ concluíram que não só o tempo de viagem do som na cóclea deveria ser considerado na construção de um *chirp*.

Com o objetivo de desenvolver um *chirp* mais eficiente para o registro do PEATE em humanos, propuseram então um novo modelo chamado “*direct approach*”⁽⁹⁾. Este modelo foi baseado em latências do PEATE a *CE-chirps*[®] e a *narrow band CE-chirps*[®] nas frequências de 500 Hz, 1, 2 e 4 kHz registrados em diferentes intensidades em vários adultos ouvintes. Esses dados foram coletados em três clínicas localizadas em diferentes partes do mundo (América do Sul, América do Norte e Escandinávia).

O “*direct approach*” levou em consideração não somente o tempo de viagem do som na cóclea, mas também as diferentes intensidades, permitindo a construção de um novo modelo. Este novo modelo foi chamado *level specific CE-chirp*[®] e vem sendo testado⁽¹⁰⁾, prometendo superar as limitações do *CE-chirp*[®].

A rápida evolução de diferentes modelos de *chirps* é evidente na literatura. Isto é positivo, uma vez que o resultado final é atingir melhorias a serem utilizadas na prática clínica. Por outro lado, a disponibilidade de estímulos pouco testados e ainda em fase de desenvolvimento em equipamentos co-

mercializados é um fator preocupante. A rápida e constante modernização dos equipamentos utilizados no registro dos potenciais evocados auditivos, sem evidências científicas antes de sua comercialização, pode trazer consequências desastrosas para a prática clínica.

Os resultados observados neste estudo juntamente com os resultados de outros estudos mundo afora contribuíram para o aprimoramento do estímulo *CE-chirp*[®]. Por outro lado, pensando na prática clínica, enquanto o aumento de amplitude da onda V facilitando sua identificação é um ponto positivo para a utilização clínica do estímulo *CE-chirp*[®], a ausência das ondas I e III é uma importante limitação. A utilização do estímulo *CE-chirp*[®] pode ser particularmente interessante nos equipamentos de triagem auditiva neonatal, nos quais maiores amplitudes podem facilitar a detecção automática das respostas, reduzindo o tempo de teste. Bons resultados para esta finalidade já foram relatados^(11,12).

É necessário que o profissional que irá realizar o registro do PEATE tenha em mente as potencialidades e limitações

das novas tecnologias disponíveis para este registro. E assim, baseado em achados clínicos e evidências científicas, esteja preparado para utilizar todos os recursos tecnológicos de que dispõe atualmente.

CONCLUSÃO

O estímulo *CE-chirp*[®] apresentou latências mais curtas que as observadas com o clique em fortes intensidades (80 e 60 dBnNA). Ondas V com maiores amplitudes foram observadas no registro do PEATE com o estímulo *CE-chirp*[®] do que com o estímulo clique, exceto em 80 dBnNA. As ondas I e III tenderam a desaparecer quando o estímulo *CE-chirp*[®] foi utilizado.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo apoio concedido (processo: 2008/09716-0).

ABSTRACT

Purpose: To compare the latencies and amplitudes of wave V on the Brainstem Auditory Evoked Potential (BAEP) recording obtained with click and *CE-chirp*[®] stimuli and the presence or absence of waves I, III and V in high intensities. **Methods:** Cross-sectional study with 12 adults with audiometric thresholds ≤ 15 dBHL (24 ears) and mean age of 27 years. The parameters used for the recording with both stimuli in intensities of 80, 60, 40, 20 dBnHL were alternate polarity and repetition rate of 27.1 Hz. **Results:** The *CE-chirp*[®] latencies for wave V were longer than click latencies at low intensity levels (20 and 40 dBnHL). At high intensity levels (60 and 80 dBnHL), the opposite occurred. Larger wave V amplitudes were observed with *CE-chirp*[®] in all intensity levels, except at 80 dBnHL. **Conclusion:** The *CE-chirp*[®] showed shorter latencies than those observed with clicks at high intensity levels and larger amplitudes at all intensity levels, except at 80 dBnHL. The waves I and III tended to disappear with *CE-chirp*[®] stimulation.

Keywords: Evoked potentials, auditory; Evoked potentials, auditory, brain stem; Electrophysiology; Hearing; Hearing tests

REFERÊNCIAS

- Dau T, Wagner O, Mellert V, Kollmeier B. Auditory brainstem responses with optimized chirp signals compensating basilar-membrane dispersion. *J Acoust Soc Am.* 2000;107(3):1530-40.
- Fobel O, Dau T. Searching for the optimal stimulus eliciting auditory brainstem responses in humans. *J Acoust Soc Am.* 2004;116(4 Pt 1):2213-22.
- Elberling C, Don M, Cebulla M, Stürzebecher E. Auditory steady-state responses to chirp stimuli based on cochlear traveling wave delay. *J Acoust Soc Am.* 2007;122(5):2772-85.
- Shore SE, Nuttall AL. High synchrony compound action potentials evoked by rising frequency-swept tonebursts. *J Acoust Soc Am.* 1985;78(4):1286-95.
- Elberling C, Don M. Auditory brainstem responses to a chirp stimulus designed from derived-band latencies in normal-hearing subjects. *J Acoust Soc Am.* 2008;124(5):3022-37.
- Stürzebecher E, Cebulla M, Elberling C, Berger T. New efficient stimuli for evoking frequency-specific auditory steady-state responses. *J Am Acad Audiol.* 2006;17(6):448-61.
- Elberling C, Callo J, Don M. Evaluating auditory brainstem responses to different chirp stimuli at three levels of stimulation. *J Acoust Soc Am.* 2010;128(1):215-23.
- Elberling C, Don M. Quality estimation of averaged auditory brainstem responses. *Scand Audiol.* 1984;13(3):187-97.
- Elberling C, Don M. A direct approach for the design of chirp stimuli used for the recording of auditory brainstem responses. *J Acoust Soc Am.* 2010;128(5):2955-64.
- Kristensen SG. Comparing three broad-band stimuli: click, *CE-chirp*, *LS-chirp*. [cited 2011 out 10]. Available from: http://www.dtas.info/Sinnet_G_B_Kristensen.pdf.
- Cebulla M, Stürzebecher E, Elberling C, Müller J. New click-like stimuli for hearing testing. *J Am Acad Audiol.* 2007;18(9):725-38.
- Sena TA, Ramos N, Rodrigues GR, Lewis DR. Análise do tempo de exame com dois procedimentos diferentes de PEATE automático. In: Anais do 26º Encontro Internacional de Audiologia; 2011 Abr 17-20; Maceió, Brasil.