



Brazilian Journal of OTORHINOLARYNGOLOGY

www.bjorl.org



ARTIGO ORIGINAL

LS CE-Chirp[®] vs. Click in the neuroaudiological diagnosis by ABR[☆]



Michelle Cargnelutti^{a,*}, Pedro Luis Cóser^b e Eliara Pinto Vieira Biaggio^{b,c}

^a Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Distúrbios da Comunicação Humana, Santa Maria, RS, Brasil

^b Clínica Coser de Otorrino, Santa Maria, RS, Brasil

^c Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria, RS, Brasil

Recebido em 24 de dezembro de 2015; aceito em 6 de abril de 2016

Disponível na Internet em 18 de abril de 2017

KEYWORDS

Hearing;
Electrophysiology;
Auditory brainstem
response

Abstract

Introduction: The chirp stimulus was developed seeking to counterbalance the delay of the sound wave on its journey through the cochlea, allowing the hair cells to depolarize at the same time. The result is a simultaneous stimulation providing better neural synchrony and, consequently, the recording of responses with greater amplitudes.

Objective: To compare the absolute latency of waves I, III and V, the interpeak intervals I–III, III–V and I–V, amplitude values of wave V and its association with the amplitude of wave I, and the interaural difference V–V in the auditory brainstem response (ABR) using Click and LS CE-Chirp[®] stimuli to determine whether the responses evoked by LS CE-Chirp[®] could be applied to neuroaudiological diagnosis.

Methods: Cross-sectional study with 30 normal-hearing individuals. The parameters used were: intensity of 85 dBnHL, alternating polarity; 17.1 stimuli/s and 100–3000 Hz filters.

Results: The absolute latencies of waves I, III and V observed with LS CE-Chirp[®] and click did not show significant differences. Significantly higher amplitudes of wave V were observed with the LS CE-Chirp[®]. The interaural difference between the wave V latencies between stimuli showed no significant difference.

Conclusion: The LS CE-Chirp[®] stimulus was shown to be as efficient as the click to capture ABR at high levels of stimulation, with the advantage of producing greater-amplitude V waves.

© 2017 Published by Elsevier Editora Ltda. on behalf of Associação Brasileira de Otorrinolaringologia e Cirurgia Cérvico-Facial. This is an open access article under the CC BY license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

DOI se refere ao artigo: <http://dx.doi.org/10.1016/j.bjorl.2016.04.018>

[☆] Como citar este artigo: Cargnelutti M, Cóser PL, Biaggio EP. LS CE-Chirp[®] vs. Click in the neuroaudiological diagnosis by ABR. Braz J Otorhinolaryngol. 2017;83:313–7.

* Autor para correspondência.

E-mail: michellecargnelutti@gmail.com (M. Cargnelutti).

A revisão por pares é da responsabilidade da Associação Brasileira de Otorrinolaringologia e Cirurgia Cérvico-Facial.

PALAVRAS-CHAVE

Audição;
Eletrofisiologia;
Potenciais evocados
auditivos

LS CE-Chirp® vs. Clique no diagnóstico neuroaudiológico pelo PEATE**Resumo**

Introdução: O *chirp* foi desenvolvido para compensar o atraso da onda sonora em seu trajeto pela cóclea e possibilitar que as células ciliadas despolarizassem ao mesmo tempo. O resultado é uma estimulação simultânea que proporciona uma melhor sincronia neural e consequentemente o registro de respostas ocorre com maiores amplitudes.

Objetivo: Comparar a latência absoluta das ondas I, III e V, os intervalos interpicos I–III, III–V e I–V, os valores de amplitude da onda V e sua relação com a amplitude da onda I e a diferença interaural V–V no Potencial Evocado Auditivo de Tronco Encefálico com o uso dos estímulos clique e LS CE-Chirp®, a fim de determinar se as respostas evocadas por LS CE-Chirp® poderiam ter aplicabilidade no diagnóstico neuroaudiológico.

Método: Estudo transversal com 30 indivíduos normo-ouvintes. Os parâmetros usados foram: intensidade de 85 dBnNA, polaridade alternada; 17,1 estímulo/s e filtros de 100–3000 Hz.

Resultado: As latências absolutas das ondas I, III e V observadas com LS CE-Chirp® e clique não tiveram diferenças significativas. Amplitudes significativamente maiores da onda V foram observadas com o LS CE-Chirp®. A diferença interaural entre as latências da onda V entre os estímulos não mostrou variação significativa.

Conclusão: O estímulo LS CE-Chirp® mostrou ser tão eficiente quanto o clique na captação do potencial evocado auditivo de tronco encefálico, em níveis elevados de estimulação, com a vantagem de produzir ondas V de maior amplitude.

© 2017 Publicado por Elsevier Editora Ltda. em nome de Associação Brasileira de Otorrinolaringologia e Cirurgia Cérvico-Facial. Este é um artigo Open Access sob uma licença CC BY (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Introdução

O exame de potenciais evocados auditivos de tronco encefálico (PEATE) registra respostas da via neural, é útil na avaliação da integridade do sistema auditivo. Clinicamente, é usado para estimar os limiares auditivos de adultos e lactentes¹ e para detectar, nos níveis periférico e central, as patologias de sistema nervoso.² É historicamente registrado com o estímulo clique, esse transitório, com rápido começo e de curta duração (100 µs). A sua composição é de banda larga, com pico de energia máxima nas regiões que abrangem 1.000-4.000 Hz.³ Considerando a tonotopia coclear, quando o estímulo clique é apresentado na cóclea, cada região da membrana basilar é estimulada, uma após a outra, da base até o ápice. Dessa forma, o estímulo transitente age na região das frequências altas mais cedo do que nas que correspondem às frequências baixas. Devido ao fato de os componentes de baixa frequência fornecerem picos de resposta atrasados para somar os componentes de resposta às frequências altas, muita informação é perdida na somatória global da resposta. Consequentemente, os resultados da excitação das diferentes fibras neurais em tempos diferentes diminui a sincronia neural, que é necessária para evocar um potencial auditivo.⁴

Nessa perspectiva, com o objetivo de compensar o atraso da onda sonora em seu trajeto pela cóclea, pesquisadores projetaram um estímulo ao qual denominaram *chirp*. Esse estímulo tem uma duração que pode ser de até 10,33 ms, muito mais longo do que o clique. Foi projetado de modo que as frequências baixas são apresentadas antes das frequências altas, para que diferentes regiões de frequências

cheguem ao seu lugar específico da membrana basilar de forma simultânea. Consequentemente, dessa forma, a resposta neural da cóclea é mais sincronizada e no registro do PEATE é possível visualizar maior amplitude da onda V.⁴⁻⁶

Vários modelos de *chirps* foram propostos e testados^{4,6-9} e um dos objetivos dos pesquisadores foi encontrar o estímulo mais adequado para o registro da onda V no PEATE em baixas intensidades.

Ao estudar⁷ vários modelos de *chirps*, pesquisadores observaram que os de curta duração foram mais efetivos em fortes intensidades e os de longa duração, mais efetivos em fracas intensidades e que a intensidade do estímulo tem relação direta com a amplitude da onda V. Diante disso, Claus Elberling e seu grupo de pesquisadores concluíram que o modelo do CE-chirp®, apenas com base na compensação do tempo gasto pela onda sonora no seu trajeto pelas diferentes regiões de frequência da cóclea, é insuficiente para gerar uma maior resposta no PEATE em adultos com audição normal. Aprimoraram então o desenho do estímulo, projetaram um modelo chamado *direct approach*.¹⁰ Esse novo modelo levou em consideração o tempo de viagem do som na cóclea e também os diferentes níveis de intensidade. Diferentemente do CE-chirp®, e dos outros que o antecederam, esse novo *chirp* não tem a duração fixa em todas as intensidades e foi construído com duração variável em cada intensidade de estímulo, constitui assim 20 estímulos com durações diferentes que mudam a cada 5 dB. Esse novo estímulo foi chamado Level Specific CE-chirp® (LS CE-chirp®) e tem sido testado, promete superar as limitações do CE-chirp®¹¹ que mostrava amplitude muito pequena da onda V e não permitia identificar as ondas I e III nas altas intensidades de estimulação.

Observamos que nos únicos trabalhos da literatura sobre esse estímulo^{11,12} foi apenas mencionada a sua vantagem em detectar ondas V com grande amplitude, mesmo em forte intensidade, e apenas comentado que as ondas I e III também eram encontradas em todos os seus dez indivíduos examinados, decidimos mensurar os valores das latências absolutas das ondas I, III e V, latência interpicos I-III, III-V e I-V, amplitude da onda V, a relação com a amplitude da onda I e diferença interaural V-V com o estímulo LS CE-chirp® e compará-lo com o clique, com o objetivo de verificar se esse novo estímulo poderia ser usado no diagnóstico neuroaudiológico pelo PEATE.

Método

Estudo transversal com delineamento descritivo, vinculado a um projeto mais amplo aprovado pelo comitê de ética em pesquisa em seres humanos, com parecer n° 610.506, em 8 de abril de 2014, e CAAE 14804714.2.0000.5346. Cabe ressaltar que se respeitou a Resolução n° 66/12, que versa sobre pesquisas com seres humanos. Todos os indivíduos foram previamente informados sobre o objetivo do estudo, bem como dos procedimentos envolvidos. Todos os sujeitos assinaram o TCLE e consentiram em participar deste estudo.

Os critérios de inclusão adotados foram indivíduos sem história clínica de doença otológica ou neurológica e limiares audiométricos ≤ 25 dB NA para as frequências de 250-8.000 Hz. Participaram do estudo 30 indivíduos (18 mulheres e 12 homens) com audição normal, na faixa de 12 a 42 anos.

Os registros do PEATE com os estímulos clique e LS CE-chirp® foram feitos no equipamento Eclipse EP25 ABR System®, da marca Interacoustics A/S, Dinamarca. Os parâmetros usados para os registros foram: polaridade alternada; taxa de apresentação 17,1 estímulos/s; filtro passa banda de 100-3.000 Hz para os estímulos clique e LS CE-chirp®; janela de 10 milissegundos (ms); e estimulação por fones de inserção ER-3A, na intensidade de 85 dBnNA, não foi feita qualquer filtragem adicional após a aquisição das respostas.

Os indivíduos foram acomodados em uma maca e mantidos confortavelmente deitados. Os locais de fixação dos eletrodos foram limpos com pasta abrasiva NuPrep e os eletrodos foram fixados à pele. Os eletrodos de referência foram dispostos nas mastoide direita (A2) e esquerda (A1) e os eletrodos ativo (Fz) e terra (Fpz) na frente. O registro só foi iniciado com a impedância dos eletrodos abaixo de 3 k Ω .

O registro do PEATE foi monoaural, iniciou pela orelha direita com o estímulo clique. Após, o registro foi feito na orelha esquerda. Na sequência foi usado o estímulo LS CE-chirp®, também iniciado pela orelha direita, e, para finalizar, na orelha esquerda. O registro foi interrompido com um mínimo de 1.000 estímulos e a duplicação de cada registro foi feita para assegurar a reprodutibilidade e fidedignidade das ondas.

Foi analisada a presença/ausência das ondas I, III e V, foram comparados os valores de latência absoluta das ondas I, III e V, os valores de amplitude da onda V e da onda I e os valores das latências interpicos (LIPs) I-III, III-V, I-V e diferença interaural V-V entre os estímulos LS CE-chirp® e clique.

Tabela 1 Estatísticas descritivas para as latências absolutas das ondas I, III e V do PEATE com os estímulos clique e LS CE-chirp®, a 85 dBnNA, em adultos normo-ouvintes (n = 60)

Variáveis	Estímulos		Valor-p
	Clique	LS CE-chirp®	
Onda I	1,29 ($\pm 0,09$)	1,29 ($\pm 0,13$)	0,921
Onda III	3,42 ($\pm 0,15$)	3,42 ($\pm 0,18$)	0,978
Onda V	5,27 ($\pm 0,18$)	5,19 ($\pm 0,24$)	0,885

dBnNA, decibel nível normal de audição; PEATE, potencial evocado auditivo de tronco encefálico.

Para a comparação das variáveis latência e amplitude entre os estímulos foi usado o teste *t* de Student para amostras independentes. Na análise das variáveis, diferença interaural V-V e razão V/I foi usado o teste U de Mann-Whitney, para a comparação entre os estímulos clique e LS CE-chirp®.

Em todas as análises, o nível de significância adotado foi de 0,05 (5%) e os intervalos de confiança construídos com 95% de confiança estatística.

Resultados

Na comparação dos resultados das latências absolutas das ondas I, III e V e da amplitude da onda V entre as orelhas direita e esquerda, observou-se que as diferenças encontradas entre as orelhas não foram significativas tanto para o estímulo clique quanto para LS CE-chirp®. Dessa forma, para análise dos dados foram sempre considerados os valores de ambas as orelhas e dobrou-se o tamanho amostral.

A [tabela 1](#) compara as latências absolutas das ondas I, III e V entre os estímulos, na intensidade de 85 dBnNA, não existe diferença estatística significativa na comparação entre clique e LS CE-chirp®.

Os valores médios das latências interpicos I-III, III-V e I-V para os estímulos usados neste estudo estão apresentados na [tabela 2](#).

A [tabela 3](#) mostra que, na intensidade pesquisada (85 dBnNA), a amplitude da onda V nos registros do PEATE com o estímulo LS CE-chirp® foi maior do que a amplitude dos registros com o estímulo clique e essa diferença foi significativa.

Na comparação entre os valores de amplitude da razão V/I entre os estímulos, foram verificados valores

Tabela 2 Estatísticas descritivas para as latências interpicos I-III, III-V e I-V do PEATE, entre os estímulos clique e LS CE-chirp®, a 85 dBnNA, em adultos normo-ouvintes (n = 60)

Variáveis	Estímulos	
	Clique Md (DP)	LS CE-chirp® Md (DP)
I-III	2,13 ($\pm 0,14$)	2,13 ($\pm 0,14$)
III-V	1,85 ($\pm 0,18$)	1,77 ($\pm 0,22$)
I-V	3,98 ($\pm 0,21$)	3,90 ($\pm 0,25$)

dBnNA, decibel nível normal de audição; DP, desvio padrão; Md, média; PEATE, potencial evocado auditivo de tronco encefálico.

Tabela 3 Estatísticas descritivas para a amplitude da onda V do PEATE com os estímulos clique e LS CE-chirp® a 85 dBnNA, em adultos normo-ouvintes

	Estímulo		Valor-p
	Clique	LS CE-chirp®	
Amplitude onda V	0,50 ($\pm 0,19$)	0,61 ($\pm 0,23$)	0,004

dBnNA, decibel nível normal de audição; PEATE, potencial evocado auditivo de tronco encefálico.

Tabela 4 Estatísticas descritivas para a razão V/I do PEATE com os estímulos clique e LS CE-chirp® a 85 dBnNA, em adultos normo-ouvintes

	Estímulo		Valor-p
	Clique	LS CE-chirp®	
Razão V/I	1,63 ($\pm 1,3$)	2,07 ($\pm 1,3$)	0,004

dBnNA, decibel nível normal de audição; PEATE, potencial evocado auditivo de tronco encefálico.

maiores com o estímulo LS CE-chirp®, esse dado foi estatisticamente significativo (tabela 4).

A tabela 5 mostra que, na comparação dos valores de latência interaural da onda V entre os estímulos usados neste estudo, não houve diferença estatisticamente significativa.

De acordo com os resultados obtidos, sugere-se que é possível usar como valores máximos (média acrescida de dois desvios padrões) de normalidade para diagnóstico neuroaudiológico os valores da tabela 6 abaixo, tanto para o clique como para o LS CE-chirp®, apresentados a 85 dBnNA.

A figura 1 apresenta os traçados do PEATE registrados com os estímulos LS CE-chirp® e clique de um dos sujeitos do estudo.

Tabela 5 Estatísticas descritivas entre V-V entre os estímulos clique e LS CE-chirp® no PEATE a 85 dBnNA, em adultos normo-ouvintes

	Estímulo		Valor-p
	Clique Md DP	LS CE-chirp® Md DP	
V-V	0,08 ($\pm 0,09$)	0,10 ($\pm 0,09$)	0,273

dBnNA, decibel nível normal de audição; DP, desvio padrão; Md, média; PEATE, potencial evocado auditivo de tronco encefálico.

Tabela 6 Valores máximos para as latências absolutas das ondas e latências interpicas do PEATE para diagnóstico neuroaudiológico com ambos os estímulos – clique e LS CE-chirp®, a 85 dBnNA

Latências	Onda I	Onda III	Onda V	
	1,55 ms	3,79 ms	5,67 ms	
Intervalos	I-V	I-III	III-V	V-V
	4,40 ms	2,40 ms	2,20 ms	0,28 ms

dBnNA, decibel nível normal de audição; ms, milissegundos; PEATE, potencial evocado auditivo de tronco encefálico.

Discussão

No presente estudo, observamos que, em todos os registros, as ondas I, III e V foram identificadas tanto no PEATE com estímulo clique quanto com LS CE-chirp®, em nível de estimulação de 85 dBnNA. Outro estudo¹² registrou PEATE em adultos ouvintes normais com os estímulos clique, CE-chirp® e LS CE-chirp® e observou que a 80 dBnNA todos os picos das ondas I, III e V foram identificados, quando usados os estímulos clique e LS CE-chirp®. Quando usado o

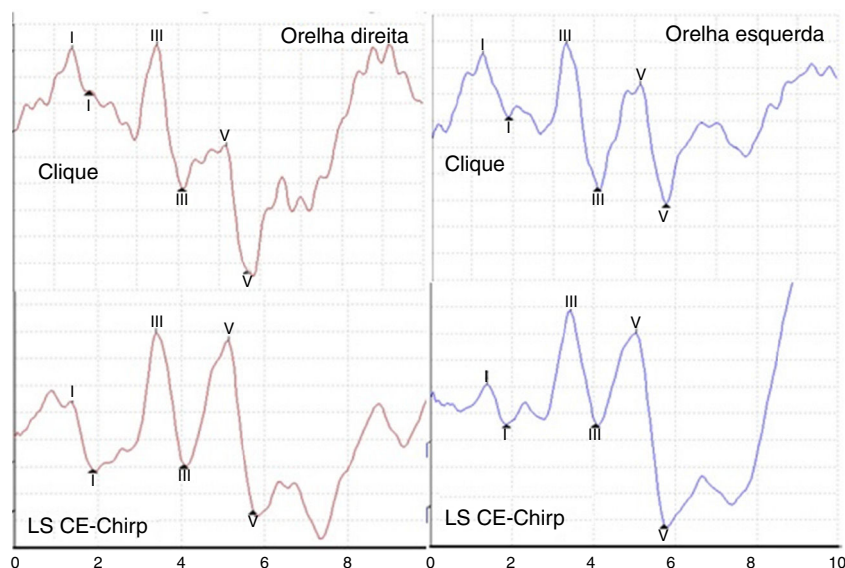


Figura 1 Exemplo do registro de PEATE com os estímulos clique e LS CE-chirp® em um dos sujeitos do estudo. Observam-se a amplitude bem maior da onda V em resposta ao LS CE-chirp® e as latências semelhantes em resposta ao clique e ao LS CE-chirp® dos dois lados.

estímulo CE-chirp® nesse nível de estimulação, a onda I não foi observada, a onda III apareceu em 35% e a onda V em 90% dos traçados. Em outra pesquisa,¹³ foram comparados registros de PEATE com clique e CE-chirp® em adultos ouvintes. As pesquisadoras analisaram presença/ausência das ondas I, III e V a 80 dBnNA e concluíram que as ondas I e III tenderam a desaparecer com o uso do estímulo CE-chirp®. No estudo de Lewis & Rodrigues, não foi usado o estímulo LS CE-chirp®. Quando comparados os valores para as latências absolutas entre os estímulos, observamos valores mais curtos para o estímulo CE-chirp® em relação ao estímulo clique.

Entretanto, em estudo que registrou PEATE a 80 dBnNA, as latências da onda V foram mais longas para o estímulo LS CE-chirp®, em comparação com o clique. De acordo com os pesquisadores do estudo, esse resultado ocorreu devido à maioria dos componentes de frequência, no LS CE-chirp®, chegar à cóclea 1,5 milissegundos mais tarde do que os componentes correspondentes no clique e, assim, a latência no PEATE com estímulo LS CE-chirp® foi maior, comparada com o clique.¹²

Entretanto, a versão comercial do LS CE-chirp®, do equipamento Eclipse EP25 ABR System®, da marca Interacoustics, mudou a forma de apresentar o LS CE-chirp®, colocou como ponto zero do estímulo o local do chirp que corresponde à frequência de 2.500 Hz, em vez do local da frequência final de 10.000 Hz do LS CE-chirp® usado nas pesquisas. Essa mudança resultou em respostas com latências iguais às obtidas com o clique nas suas diversas intensidades. Em relação à amplitude da onda V, encontramos valores significativamente maiores nos registros com o estímulo LS CE-chirp®. Esses resultados estão de acordo com estudo que comparou a amplitude entre LS CE-chirp® e clique e concluiu que o estímulo LS CE-chirp® em registros do PEATE fornece maiores amplitudes quando comparado com o clique, em níveis mais elevados de estimulação (80 dBnNA).¹²

O estudo atual corrobora vários estudos^{4,13} que também observaram resposta maior para a amplitude da onda V nos registros de PEATE, em adultos com audição normal, quando usado o estímulo chirp.

É interessante que estudos que usaram o estímulo LS CE-chirp® sejam feitos em indivíduos com patologias cocleares e retrococleares, a fim de verificar melhor suas contribuições para a prática clínica.

Conclusão

O estímulo LS CE-chirp® é tão eficiente quanto o clique na obtenção das ondas I, III e V do potencial evocado auditivo

de tronco encefálico, em níveis elevados de estimulação. Ficou evidente que esse estímulo pode ser útil do diagnóstico neuroaudiológico, pois, diferentemente do CE-Chirp®, que evoca apenas as ondas III e V em grande parte das vezes, ele evoca as três ondas necessárias para esse tipo de diagnóstico, com a vantagem adicional de que a onda V tem amplitude maior do que quando evocada pelo clique.

Conflitos de interesse

Os autores declaram não haver conflitos de interesse.

Referências

1. Hecox K, Galambos R. Brain stem auditory evoked responses in human infants and adults. *Arch Otolaryngol.* 1974;99:30-3.
2. Starr A, Achior J. Auditory brain stem responses in neurological disease. *Arch Neurol.* 1975;32:761-8.
3. Hall JW. Effect of stimulus factor. In: *Handbook of auditory evoked responses.* Massachusetts: Allyn & Bacon; 1992. p. 104-76.
4. Dau T, Wegner O, Mellert V, Kollmeier B. Auditory brainstem responses with optimized chirp signals compensating basilar-membrane dispersion. *J Acoust Soc Am.* 2000;107:1530-40.
5. 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;122:2772-85.
6. Fobel O, Dau T. Searching for the optimal stimulus eliciting auditory brainstem responses in humans. *J Acoust Soc Am.* 2004;116:2213-22.
7. 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;124:3022-37.
8. 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;128:2955-64.
9. Gøtsche-Rasmussen K, Poulsen T, Elberling C. Reference hearing threshold levels for chirp signals delivered by an ER-3A insert earphone. *Int J Audiol.* 2012;51:794-9.
10. Elberling C, Callo J, Don M. Evaluating auditory brainstem responses to different chirp stimuli at three levels of stimulation. *J Acoust Soc Am.* 2010;128:215-23.
11. Kristensen SG. Comparing three broad-band stimuli: click, CE-chirp, LS-chirp. Available from: http://www.dtas.info/Sinnet_G.B.Kristensen.pdf [cited 10.10.11].
12. Kristensen SGB, Elberling C. Auditory brainstem responses to level-specific chirps in normal-hearing adults. *J Am Acad Audiol.* 2012;23:712-21.
13. Rodrigues GRI, Lewis DR. Comparação dos estímulos clique e CE-Chirp no registro do Potencial Evocado Auditivo de Tronco Encefálico. *Rev Soc Bras Fonoaudiol.* 2012;17:412-6.