

Padronização dos parâmetros latência e amplitude no registro dos potenciais evocados auditivos de tronco encefálico com o estímulo *Ichirp* de banda estreita em adultos audiológicamente normais

Standardization of latency and amplitude parameters on brainstem auditory evoked potential recording with narrow band *Ichirp* stimulus in normal hearing adults

Bárbara Camilo Rosa¹ , Andrea Tortosa Marangoni Castan² , Tyuana Sandim da Silveira Sassi² 

RESUMO

Objetivo: Padronizar os parâmetros de latência e amplitude obtidos com o estímulo *Ichirp* de banda estreita, na pesquisa dos potenciais evocados auditivos de tronco encefálico nas frequências de 500 Hz, 1 kHz, 2 kHz e 4 kHz. **Métodos:** O estudo foi realizado na Divisão de Saúde Auditiva do Hospital de Reabilitação de Anomalias Craniofaciais, da Universidade de São Paulo. Participaram 20 adultos ouvintes normais, na faixa etária de 18 a 35 anos. Todos os participantes foram submetidos à audiometria tonal limiar, logaudiometria, imitanciometria e aos potenciais evocados auditivos de tronco encefálico, pesquisados com o estímulo *Ichirp* de banda estreita, nas frequências de 500 Hz, 1 kHz, 2 kHz e 4 kHz. **Resultados:** Em todas as frequências avaliadas foi observada a função latência-intensidade, ou seja, o aumento na latência da onda V, na medida em que a intensidade do estímulo foi diminuída, bem como a diminuição na latência da onda V com o aumento da frequência avaliada. Além disso, verificou-se a redução na amplitude da onda V com a diminuição da intensidade do estímulo. Constatou-se o nível mínimo de resposta, em todas as frequências, em níveis inferiores aos valores sugeridos pela literatura como critério de normalidade no registro dos potenciais evocados auditivos de tronco encefálico de frequência específica, sendo os maiores valores nas frequências de 500 Hz e 1 kHz. **Conclusão:** Foram obtidos os valores de referência de normalidade para os potenciais evocados auditivos de tronco encefálico em adultos ouvintes normais com o estímulo *Ichirp*, valores estes que podem contribuir para o aprimoramento do exame, na prática clínica.

Descritores: Potenciais evocados auditivos do tronco encefálico; Eletrofisiologia; Adulto; Audição; Parâmetros

ABSTRACT

Purpose: Standardize the latency and amplitude parameters using the narrow band *Ichirp* stimulus on Brainstem Auditory Evoked Potential (BAEP) at frequencies of 500 Hz, 1 kHz, 2 kHz and 4 kHz. **Methods:** The study was performed at the Hospital for Rehabilitation of Craniofacial Anomalies (HRAC), Auditory Health Division, University of São Paulo (USP). Twenty normal hearing adults, aged between 18 and 35 years, were submitted to pure tone audiometry, speech audiometry, immittance and to BAEP with narrow band *Ichirp* stimulus at 500 Hz, 1 kHz, 2 kHz and 4 kHz frequencies. **Results:** In all frequencies evaluated, the latency-intensity function was observed, that is, the increase in the latency of the V wave as the stimulus intensity was decreased, as well as the decrease in the latency of the V wave with the increase of the frequency. In addition, the reduction in the amplitude of the wave V was verified with the decrease of the intensity of the stimulus. The minimum response level, in all frequencies, was found to be lower than the values suggested in the literature as a criterion of normality in frequency - specific BAEP, with the highest values at frequencies of 500 Hz and 1 kHz. **Conclusion:** Normal reference values to BAEP were obtained in normal hearing adults with the narrow band *Ichirp* stimulus, which may contribute to its improvement in clinical practice.

Keywords: Brainstem auditory evoked potentials; Electrophysiology; Adult; Hearing; Parameters

Trabalho realizado no setor de Divisão de Saúde Auditiva do Hospital de Reabilitação de Anomalias Craniofaciais – HRAC da Universidade de São Paulo – USP - Bauru (SP), Brasil.

¹ Faculdade de Odontologia de Bauru – FOB, Universidade de São Paulo – USP - Bauru (SP), Brasil.

² Hospital de Reabilitação de Anomalias Craniofaciais – HRAC, Universidade de São Paulo – USP - Bauru (SP), Brasil.

Conflitos de interesse: nada a declarar.

Contribuição dos autores: BCR e TSSS contribuíram para a realização deste estudo em sua concepção e delineamento, coleta, análise e interpretação dos dados, redação, revisão do artigo de forma intelectual importante e aprovação final da versão a ser publicada; ATMC contribuiu com a revisão do artigo de forma intelectual importante, bem como com a aprovação final da versão a ser publicada.

Financiamento: nada a declarar.

Endereço para correspondência: Bárbara Camilo Rosa. E-mail: barbara.rosa@usp.br

Recebido: Novembro 10, 2019; **Aceito:** Março 09, 2020

INTRODUÇÃO

O grande interesse na investigação de diferentes estímulos para a captação dos potenciais evocados auditivos de tronco encefálico (PEATE) se deu ao observar que a resposta da cóclea aos estímulos comumente utilizados como clique e *toneburst*, pode não ser totalmente sincronizada, visto que esta estimulação ocorre, inicialmente, na região basal da cóclea e, posteriormente, na região apical, o que pode resultar em um padrão assíncrono de disparos das fibras nervosas ao longo da cóclea⁽¹⁻⁴⁾.

O clique é caracterizado como um estímulo de início abrupto com espectro amplo, porém, desprovido de seletividade de frequência, sendo insuficiente para configurar perda auditiva. O *toneburst*, por sua vez, é um estímulo tonal apresentado por uma onda sinusoidal, com duração breve, capaz de avaliar frequências específicas⁽⁵⁻⁸⁾.

Apesar desses estímulos terem sido de extrema importância para definir os padrões básicos de resposta do PEATE, pesquisadores têm apontado aspectos negativos em relação à sua aplicação na prática clínica, como dificuldades para a identificação da onda V para a determinação do nível mínimo de resposta (NMR), principalmente em frequências baixas^(9,10).

Neste contexto, o desenvolvimento do estímulo *chirp* tem como principal objetivo compensar o tempo de viagem do som na cóclea antes do registro do PEATE, para que todas as células ao longo da membrana basilar despolarizem ao mesmo tempo⁽¹¹⁾.

Seguindo esta ideia, a criação de um estímulo com base na dispersão temporal de viagem da onda sonora na cóclea, visa aumentar a sincronia do potencial de ação composto do nervo auditivo, o que pode refletir em respostas com maiores amplitudes no PEATE⁽¹²⁾.

Assim, foram desenvolvidos diferentes tipos de *chirp*, tanto de banda larga, quanto de banda estreita. O estímulo *Ichirp*, por sua vez, disponível na plataforma *SmartEP* da *Intelligent Hearing Systems* (IHS), é considerado uma versão de modelo linear derivada do estímulo mais conhecido como *CE-Chirp*. Entretanto, apesar de a proposta deste estímulo ser promissora, as evidências em relação ao seu uso ainda são pouco conhecidas, o que torna imprescindível validar os seus resultados⁽²⁾.

Na literatura especializada, são restritos os estudos utilizando estímulo *Ichirp* de banda estreita, no registro dos PEATE. Sendo assim, o objetivo do estudo foi padronizar os parâmetros latência e amplitude e determinar o NMR obtido com o estímulo *Ichirp* de banda estreita, na pesquisa dos PEATE.

MÉTODOS

O estudo foi realizado na Divisão de Saúde Auditiva do Hospital de Reabilitação de Anomalias Craniofaciais da Universidade de São Paulo (HRAC-USP), na cidade de Bauru (SP).

Foram considerados os aspectos éticos em pesquisa envolvendo seres humanos, sendo aprovado pelo do Comitê de Ética do HRAC-USP, sob protocolo nº 1.425.385. Todos os participantes do estudo leram e assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, consentindo com a realização e divulgação desta pesquisa e de seus resultados, conforme recomendado pela Resolução 466/12.

A casuística do estudo foi composta por 20 adultos, na faixa etária de 18 a 35 anos, totalizando 40 orelhas.

Os critérios de inclusão do estudo foram: idade entre 18 e 35 anos; bom estado de saúde e apresentar audição normal, segundo critérios estabelecidos em 1997 para classificação de deficiência auditiva, pela Organização Mundial da Saúde⁽¹³⁾. Foram considerados critérios de exclusão: indivíduos com alteração de orelha média, que lhes conferisse perda auditiva condutiva ou mista; indivíduos com alterações neurológicas e indivíduos etilistas e/ou usuários de drogas.

Todos os participantes realizaram avaliação auditiva, composta por audiometria tonal limiar, logoaudiometria e imitanciometria convencional, para comprovar audição normal, e avaliação eletrofisiológica com o PEATE. Deve-se ressaltar que todos os participantes foram submetidos à meatoscopia antes da avaliação audiológica, com finalidade de observar a possibilidade de realização do exame.

Os materiais e equipamentos utilizados na avaliação audiológica foram: audiômetro AD 229e, da marca *Interacoustics*, calibrado no padrão ANSI-69 e fones supra-aurais TDH39, da marca *Telephonics*, para audiometria tonal e logoaudiometria, em cabine acústica da marca *Vibrasom*, e o equipamento AT235h, da marca *Interacoustics*, para realização da imitanciometria.

Na avaliação eletrofisiológica, foram utilizados: equipamento SMART – EP, da marca *Intelligent Hearing Systems*, pasta abrasiva Nuprep, da marca *Weaver and Company*, para limpeza da pele na frente e nas mastoides direita e esquerda, eletrodos de superfície, da marca 3M e pasta eletrolítica Ten 20, da marca *Weaver and Company*, utilizada nos eletrodos para proporcionar melhor condutividade elétrica. Os indivíduos foram acomodados confortavelmente em uma poltrona reclinável, dentro de uma cabine com tratamento acústico e elétrico.

A montagem dos eletrodos seguiu os padrões estabelecidos pelo *International Electrode System* (IES) 10 – 20⁽¹⁴⁾. O eletrodo ativo (positivo) foi posicionado na região frontal (Fz); o eletrodo de referência (negativo) e o eletrodo terra, posicionados de forma alternada nas mastoides direita (M2) e esquerda (M1). A impedância dos eletrodos foi mantida abaixo de 5 kOhms e a diferença entre os eletrodos, menor que 2 kOhms.

A apresentação dos estímulos foi feita por meio de fones de inserção ER – 3A, da marca *Intelligent Hearing Systems* e utilizado o estímulo *Ichirp* de frequência específica, desenvolvido pela mesma empresa. Para a obtenção dos PEATE-*Ichirp* de banda estreita, foram utilizados os seguintes parâmetros: taxa de apresentação, polaridade, duração, promediação, filtro passa-alta, filtro passa-baixa, ganho e tempo de análise (Quadro 1).

A média e o desvio padrão para latência e amplitude da onda V, em quatro níveis de intensidade, em dez orelhas, estabelecidos pela empresa *Intelligent Hearing Systems*, estão representados nas Tabelas 1 e 2, respectivamente.

Os PEATE foram pesquisados, inicialmente, na intensidade de 80 dBnNA e, após a obtenção de resposta, diminuiu-se o nível de apresentação do estímulo para 60, 40 e 20 dBnNA, até a ausência de resposta. A seguir, a intensidade foi aumentada em 5 dB, a fim de detectar o NMR eletrofisiológico nas frequências e 500 Hz, 1 kHz, 2 kHz e 4 kHz. Todos os registros do PEATE foram analisados por um avaliador experiente e a medida da amplitude foi calculada pelo *software*.

Ressalta-se que as condições de controle, quanto ao surgimento de artefatos elétricos no registro, foram orientação ao paciente, quanto ao posicionamento e relaxamento muscular, mudança de cabos elétricos e troca de eletrodos.

Foram realizadas análises estatísticas descritivas dos valores de latência e amplitude da onda V para as frequências estudadas

Quadro 1. Parâmetros para obtenção dos potenciais evocados auditivos de tronco encefálico-*chirp* de banda estreita

Parâmetros	<i>Ichirp</i> -500 Hz	<i>Ichirp</i> -1000 Hz	<i>Ichirp</i> -2000 Hz	<i>Ichirp</i> -4000 Hz
Taxa de apresentação	27.1	27.1	27.1	27.1
Polaridade	Alternada	Alternada	Alternada	Alternada
Duração	5000 μ s	5000 μ s	3000 μ s	2000 μ s
Promediação	2048	2048	2048	2048
Filtro passa-alta	100	100	100	100
Filtro passa-baixa	3000	3000	3000	3000
Ganho	100 k	100 k	100 k	100 k
Tempo de análise	24 ms	24 ms	24 ms	24 ms

Legenda: Hz = hertz; μ s = microvolt; k = quilo; ms = milissegundos

Tabela 1. Valor médio e desvio padrão da latência (em milissegundos) da onda V do potencial evocado auditivo de tronco encefálico, em quatro níveis de intensidade (em dBnHL), em dez orelhas normais

Stimuli	Response Thresholds	Lat (ms)			
		80 dB	60 dB	40 dB	20 dB
BroadBand	20 $\pm$ 6	8,2 $\pm$ 0,2	8,7 $\pm$ 0,2	9,8 $\pm$ 0,3	10,9 $\pm$ 0,5
500 Hz	20 $\pm$ 4,7	7,3 $\pm$ 0,1	8,1 $\pm$ 0,2	9,3 $\pm$ 0,3	11,3 $\pm$ 0,4
1000 Hz	20 $\pm$ 8,1	7 $\pm$ 0,1	7,7 $\pm$ 0,2	8,6 $\pm$ 0,2	10,4 $\pm$ 0,1
2000 Hz	18 $\pm$ 7,8	6,2 $\pm$ 0,1	6,7 $\pm$ 0,1	7,4 $\pm$ 0,1	8,7 $\pm$ 0,3
4000 Hz	21 $\pm$ 8,7	6 $\pm$ 0,1	6,4 $\pm$ 0,07	7,1 $\pm$ 0,1	8 $\pm$ 0,2

Fonte: *Intelligent Hearing Systems*

Legenda: dBnHL = *decibel normal hearing level*; Hz= hertz; dB = decibel

Tabela 2. Valor médio e desvio padrão da amplitude (em microvolts) da onda V do potencial evocado auditivo de tronco encefálico, em quatro níveis de intensidade (em decibéis), em dez orelhas normais

Stimuli	Amp (μ V)			
	80 dB	60 dB	40 dB	20 dB
BroadBand	0,37 $\pm$ 0,1	0,37 $\pm$ 0,07	0,37 $\pm$ 0,08	0,29 $\pm$ 0,06
500 Hz	0,46 $\pm$ 0,09	0,30 $\pm$ 0,05	0,20 $\pm$ 0,05	0,16 $\pm$ 0,04
1000 Hz	0,49 $\pm$ 0,08	0,34 $\pm$ 0,05	0,22 $\pm$ 0,09	0,15 $\pm$ 0,03
2000 Hz	0,50 $\pm$ 0,09	0,37 $\pm$ 0,11	0,23 $\pm$ 0,06	0,18 $\pm$ 0,04
4000 Hz	0,41 $\pm$ 0,08	0,29 $\pm$ 0,05	0,21 $\pm$ 0,05	0,13 $\pm$ 0,05

Fonte: *Intelligent Hearing Systems*

Legenda: Hz= hertz; μ V = microvolts (amplitude); dB = decibel

Tabela 3. Valor médio e desvio padrão para latência da onda V do potencial evocado auditivo de tronco encefálico com estímulo *Ichirp* de banda estreita em quatro níveis de intensidade (em decibéis), nas frequências de 500 Hz, 1 kHz, 2 kHz e 4 kHz

Intensidade	n	500 Hz Média (DP)	n	1 kHz Média (DP)	n	2 kHz Média (DP)	n	4 kHz Média (DP)
80 dBnNA	40	7,75 (0,35)	40	7,36 (0,54)	40	6,37 (0,28)	40	6,11 (0,25)
60 dBnNA	40	8,60 (0,50)	40	7,97 (0,37)	40	6,89 (0,29)	40	6,43 (0,27)
40 dBnNA	39	10,24 (0,77)	39	9,12 (0,62)	40	7,67 (0,33)	40	7,04 (0,36)
20 dBnNA	32	11,90 (0,86)	37	10,90 (0,75)	40	8,77 (0,54)	40	8,05 (0,58)

Legenda: n= número de indivíduos; DP= desvio padrão; Hz= hertz; kHz= quilohertz; dBnNA = *decibel normal hearing level*

(média e desvio padrão), bem como os valores de média, mínimo e máximo para o NMR. Para as análises estatísticas, foi utilizado o *software Statistica*, versão 12.

RESULTADOS

Para cada intensidade e frequência avaliadas, foram calculadas a latência e amplitude, média e desvio padrão, respectivamente (Tabelas 3 e 4).

Em todas as frequências avaliadas, foi possível observar a função latência-intensidade, ou seja, o aumento na latência

da onda V, na medida em que a intensidade do estímulo foi diminuída, bem como a diminuição na latência da onda V, com o aumento da frequência avaliada. Observou-se, também, a redução na amplitude da onda V, com a diminuição da intensidade do estímulo.

Além disso, obtiveram-se os valores de média, o desvio padrão, o mínimo e o máximo dos NMR, nas frequências de 500 Hz, 1 kHz, 2 kHz e 4 kHz (Tabela 5).

A análise descritiva dos resultados, quanto ao NMR, evidenciou valores maiores nas frequências de 500 Hz e 1 kHz, sendo observado que, em alguns indivíduos, o NMR foi superior a 20dBnNA.

Tabela 4. Valor médio e desvio padrão para a amplitude da onda V do potencial evocado auditivo de tronco encefálico com estímulo *Ichirp* de banda estreita em quatro níveis de intensidade (em decibéis) nas frequências de 500 Hz, 1 kHz, 2 kHz e 4 kHz

Intensidade	n	500 Hz Média (DP)	n	1 kHz Média (DP)	n	2 kHz Média (DP)	n	4 kHz Média (DP)
80 dBnNA	40	0,43 (0,12)	40	0,44 (0,13)	40	0,49 (0,16)	40	0,46 (0,15)
60 dBnNA	40	0,28 (0,09)	40	0,31 (0,11)	40	0,36 (0,11)	40	0,36 (0,12)
40 dBnNA	39	0,15 (0,06)	39	0,18 (0,06)	40	0,25 (0,11)	40	0,23 (0,07)
20 dBnNA	32	0,12 (0,05)	38	0,13 (0,05)	40	0,18 (0,08)	40	0,17 (0,06)

Legenda: n= número de indivíduos; DP= desvio padrão; Hz= Hertz; kHz= quilohertz; dBnNA = *decibel normal hearing level*

Tabela 5. Valores de média, desvio padrão, mínimo e máximo para o nível mínimo de resposta nas frequências de 500 Hz, 1 kHz, 2 kHz e 4 kHz com o estímulo *Ichirp* de banda estreita

Frequency	N	Average	SD	Minimum	Maximum
500 Hz	40	20.37	8.27	5.00	50.00
1000 Hz	40	14.00	8.63	0.00	45.00
2000 Hz	40	8.00	5.75	0.00	20.00
4000 Hz	40	8.37	5.81	0.00	20.00

Fonte: Elaborada pelos autores

Legenda: n= número de indivíduos; Hz = hertz; SD = *standard deviation*

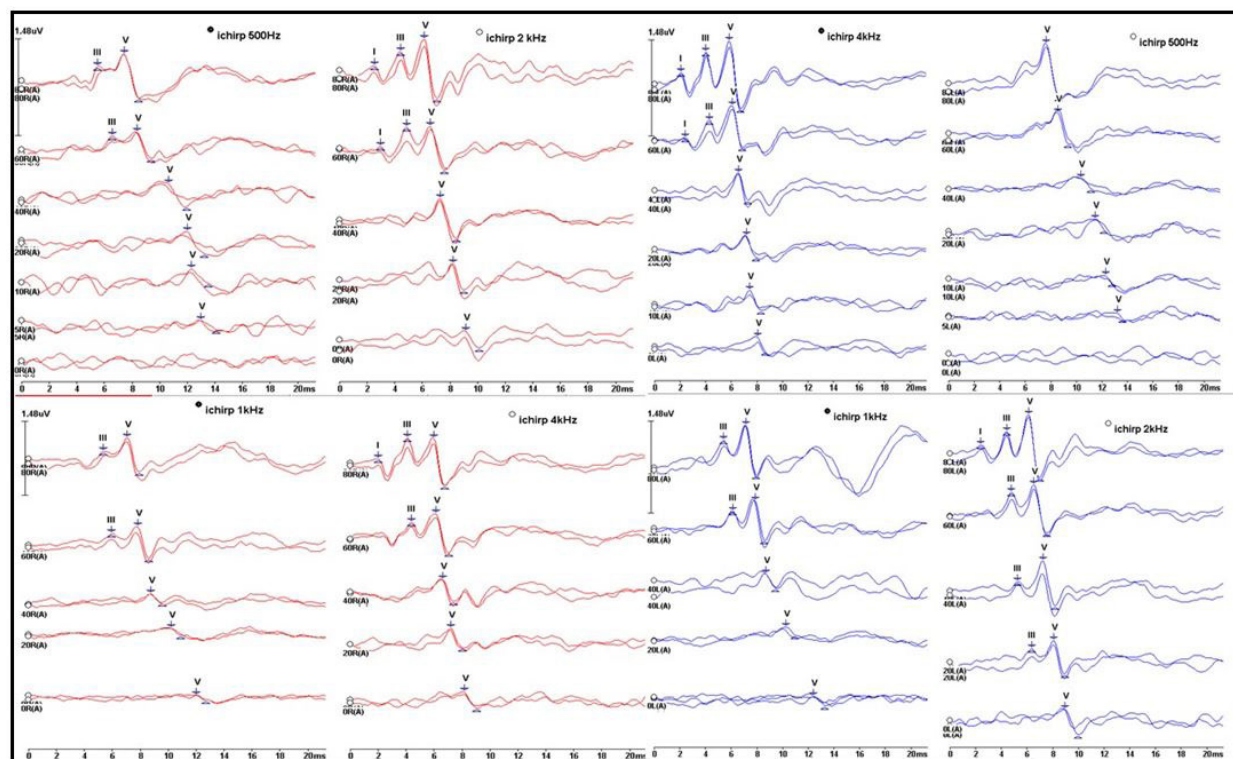


Figura 1. Função latência- intensidade no registro do potencial evocado auditivo do tronco encefálico com estímulo *Ichirp* de banda estreita em orelha direita e esquerda em um participante do estudo

Fonte: Elaborada pelos autores

A Figura 1 ilustra o registro do PEATE com estímulo *Ichirp* de frequência específica nas diferentes frequências e intensidades, em um dos participantes do estudo, em que é possível observar a ocorrência da função latência-intensidade.

DISCUSSÃO

Os PEATE vêm sendo amplamente estudados e os artigos científicos retratam aspectos relacionados aos procedimentos utilizados durante a realização deste exame, como por exemplo,

os sistemas de registros, assim como as características dos estímulos para eliciar tais potenciais⁽¹⁵⁾.

No que concerne ao tipo de estímulo, a literatura mostra que este deve ativar um amplo número de fibras neuronais simultaneamente, para que seja possível a captação da atividade elétrica⁽¹⁶⁾.

Os PEATE de frequência específica, eliciados por estímulos de curta duração, estimulam regiões limitadas da cóclea, as quais geram respostas específicas em frequência, possibilitando, assim, uma estimativa da sensibilidade auditiva, tanto em crianças, como em adultos com audição normal ou com perda auditiva⁽⁹⁾.

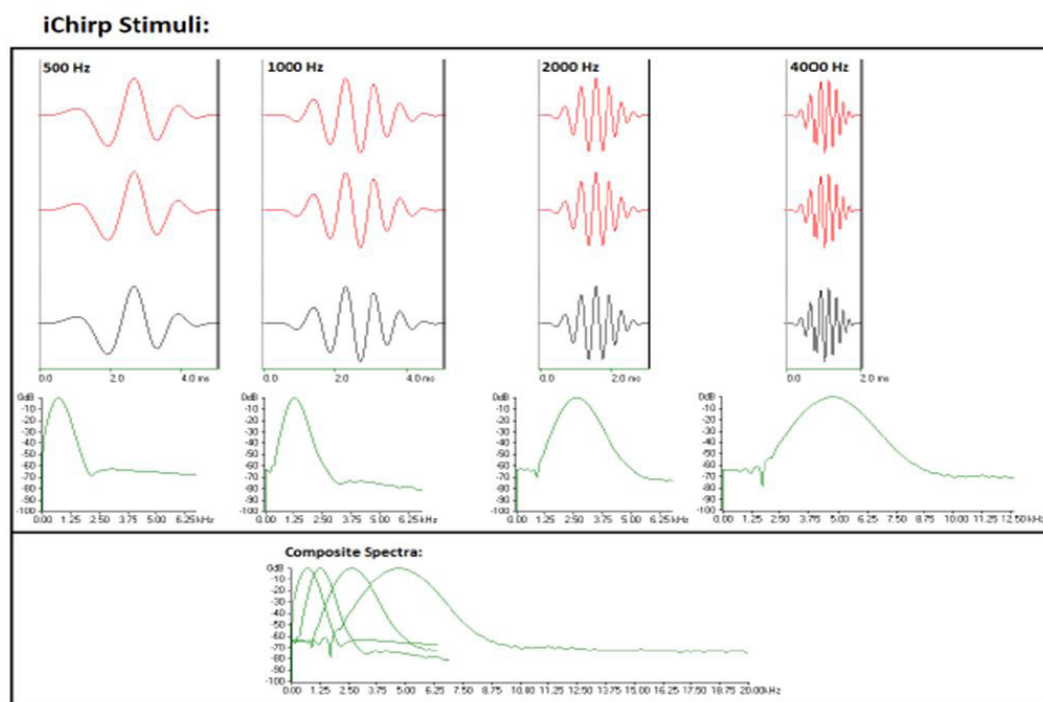


Figura 2. Tempo e espectro de sinais do Ichirp de banda estreita
Fonte: Intelligent Hearing Systems

O estímulo *Ichirp* não possui nenhuma comparação direta com outros tipos de *chirp*, como, por exemplo, o *CE-Chirp*, já descrito na literatura. De acordo com a empresa *Intelligent Hearing Systems*, o estímulo *Ichirp* de banda estreita foi construído levando em consideração o modelo de Boer, que confere à cóclea uma grande seletividade em frequência, envolvendo uma gama de frequências audíveis de mais de nove oitavas⁽¹⁷⁾. Desta forma, cada região de frequência foi aproximada por uma função linear e expandida, a fim de permitir melhor especificidade de frequência (Figura 2).

Os resultados em relação à latência, nas quatro frequências avaliadas, concordam com investigações precedentes utilizando outros estímulos, como clique e *toneburst*⁽¹⁸⁻²⁰⁾, as quais evidenciaram aumento da latência com a diminuição do nível de intensidade utilizado para provocar a resposta, bem como diminuição da latência com o aumento da frequência avaliada. De acordo com a literatura, essas características mostram a tonotopia coclear, assim como a especificidade do estímulo utilizado na captação dos PEATE. O aumento da latência nas frequências mais baixas representa a atividade das células ciliadas, localizadas na região apical da cóclea, que, ao serem ciliadas, evidenciam resposta com latência maior. No entanto, quando as células ciliadas da região basal da cóclea são estimuladas, apresentam resposta com latência mais curta⁽⁹⁾.

Os achados mencionados diferem do estudo de Rodrigues⁽²⁾, que, ao utilizar o estímulo *CE-chirp* de banda estreita, observou que as latências aumentavam proporcionalmente ao aumento da frequência.

No presente estudo, foi possível observar amplitudes da onda V mais expressivas nos registros dos PEATE, o que permitiu a determinação do NMR em níveis inferiores aos valores sugeridos como critério de normalidade no registro dos PEATE de frequência específica em crianças⁽²¹⁾, em todas as frequências avaliadas. A literatura ressaltou que isto é esperado, visto que estímulos *chirp* foram desenvolvidos para ativar diferentes

regiões da cóclea simultaneamente, resultando em ondas V com maiores amplitudes^(1,22,23).

Rodrigues⁽²⁾ evidenciou que maiores amplitudes podem ser interessantes para aplicações clínicas, pois podem facilitar a visualização das respostas, principalmente na pesquisa dos NMR eletrofisiológicos, já que as amplitudes do PEATE são menores quando se encontram próximas ao NMR.

É importante salientar que, apesar de valores de amplitudes mais expressivas para a determinação do NMR em níveis considerados normais⁽²¹⁾, ainda se obteve alguma dificuldade para determinação da onda V em fracas intensidades, principalmente em 500 Hz e 1 kHz, sendo necessária maior reprodutibilidade das ondas. Estes achados se assemelham aos estudos realizados com o estímulo *toneburst*, nos quais foram observadas menores amplitudes e morfologia mais abaulada da onda V, dificultando, muitas vezes, a sua identificação⁽²⁴⁾.

Deve-se destacar que outro fator que pode interferir na amplitude das ondas no registro do PEATE é o artefato. A presença de artefato no registro dos PEATE, em frequências mais baixas, é um fator que dificulta a identificação da onda V, levando, inclusive, a um aumento no tempo de pesquisa⁽⁹⁾. O avaliador deve estar atento às interferências que possam comprometer o registro dos PEATE, como, por exemplo, o *Post-Auricular Muscle Artifact* (PAM), que ocorre em 10 a 14 milissegundos, é causado pela tensão muscular do pescoço ou da mandíbula e pode afetar tanto a latência, quanto a amplitude. Nestes casos, mover os eletrodos das mastoídes ou lóbulos pode diminuir o artefato, porém, é importante se certificar que o paciente permaneça relaxado e com os olhos fechados, mantendo os dentes desapertados⁽²⁵⁾.

Embora no presente estudo tenha se observado NMR maiores nas frequências de 500 Hz e 1 kHz (média de 20,37 e 14,00 respectivamente), em relação às demais frequências, os valores médios foram inferiores aos considerados normais na prática clínica (35 dBnNA para 500 Hz e 1 kHz, 30 dBnNA

para 2 kHz e 25 dBnNA para 4 kHz), em todas as frequências avaliadas⁽²¹⁾. Segundo alguns autores^(19,24,25), que utilizaram o estímulo *toneburst*, este resultado decorre da sincronia neural limitada na região apical da cóclea, além da contaminação de ruído para as frequências baixas, que ocasionam piores respostas no PEATE para essa região.

Diante disso, o presente estudo permitiu obter valores de referência de normalidade para o PEATE em adultos ouvintes normais, utilizando o estímulo *Ichirp* de banda estreita, valores este que podem contribuir para o aprimoramento do exame. Ressalta-se a importância da investigação, pelo profissional, dos avanços tecnológicos nesta área, fundamentando-se nos achados clínicos e em evidências científicas, com o intuito de propiciar melhor atendimento ao paciente.

CONCLUSÃO

O estímulo *Ichirp* de banda estreita apresentou a função latência-intensidade em todas as frequências avaliadas, bem como registros com amplitudes mais expressivas, permitindo a identificação de NMR em níveis inferiores aos critérios de normalidade sugeridos na literatura pesquisada, em todas as frequências avaliadas.

REFERÊNCIAS

- 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(3):1530-40. <http://dx.doi.org/10.1121/1.428438>. PMID:10738807.
- Rodrigues GRI. Estímulos CE-chirp e narrowband CE-chirps na avaliação eletrofisiológica da audição: resultados clínicos em neonatos, lactentes e crianças [tese de doutorado]. São Paulo (SP): Pontifícia Universidade Católica de São Paulo; 2012. 95 p.
- Don M, Elberling C, Maloff E. Input and output compensation for the cochlear traveling wave delay in wide-band ABR recordings: implications for small acoustic tumor detection. *J Am Acad Audiol*. 2009;20(2):99-108. <http://dx.doi.org/10.3766/jaaa.20.2.3>. PMID:19927673.
- 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. <http://dx.doi.org/10.1121/1.3397640>. PMID:20649217.
- Cavalcante JMS. Registro dos Potenciais Evocados Auditivos de Tronco Encefálico por estímulos click e tone burst em recém-nascidos a termo e pré-termo [dissertação de mestrado]. Ribeirão Preto (SP): Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo; 2010. 133 p.
- Hyde ML. Frequency-specific BERA in infants. *J Otolaryngol Suppl*. 1985 Feb;14:19-27. PMID:3864989.
- Hood LJ. Clinical applications of the auditory brainstem response. 1. ed. Los Angeles: Singular; 1998. 285 p.
- Gorga MP, Kaminski JR, Beauchaine KA, Jesteadt W. Auditory Brainstem responses to tone bursts in normally hearing subjects. *J Speech Hear Res*. 1988 Mar;32(1):87-97. <http://dx.doi.org/10.1044/jshr.3101.87>. PMID:3352259.
- Almeida MG, Rodrigues GRI, Lewis DR. Potenciais evocados auditivos por frequência específica em lactentes com audição normal. *Rev. CEFAC*. 2010 Mai./Jun;13(3):489-495.
- Sininger YS. The use of auditory brainstem response in screening for hearing loss and audiometric threshold prediction. In: Burkard RF, Don M, Eggermont JJ. Auditory evoked potentials: basic principles and clinical application. Lippincott: Williams & Wilkins; 2006. p. 254-74.
- Don M, Ponton CW, Eggermont JJ, Masuda A. Auditory Brainstem Response (ABR) peak amplitude variability reflects individual differences in cochlear response times. *J Acoust Soc Am*. 1994;96(6):3476-91. <http://dx.doi.org/10.1121/1.410608>. PMID:7814764.
- Bell SL, Allen R, Lutman ME. An investigation of the use of band-limited chirp stimuli to obtain the auditory brainstem response. *Int J Audiol*, Hamilton. 2002 Jul;41(5):271-8. <http://dx.doi.org/10.3109/14992020209077186>. PMID:12166686.
- OMS: Organização Mundial da Saúde. WHO/PDH/97.3. Geneva: WHO; 1997.
- Trans Cranial Technologies Ltd [Internet]. Wanchai, Hong Kong: TCT Research; [citado em 2016 Nov 07]. Disponível em: www.trans-cranial.com
- Curado NRP, Vaz MLF, Silveira AK, Silva ARA, Griz SMS. Potencial evocado auditivo de tronco encefálico por condução óssea: uma revisão integrativa. *Rev. CEFAC*. 2015 Mar./Apr;17(2):635-647.
- Matas CG, Magliaro FCL. Introdução aos Potenciais Evocados Auditivos e Potenciais Evocados Auditivos de Tronco Encefálico. In: Bevilacqua MC, Martinez MAN, Balen SA, Pupo AC, Reis ACMB, Frota S. Tratado de audiologia. São Paulo: Livraria Santos Editora Ltda; 2011. p. 181-95.
- Boer E. Auditory physics. Physical principles in hearing theory. III. *Phys Rep*. 1991;203(3):125-231. [http://dx.doi.org/10.1016/0370-1573\(91\)90068-W](http://dx.doi.org/10.1016/0370-1573(91)90068-W).
- Vander Werff KR, Prieve BA, Georgantas LM. Infant air and bone conduction tone burst auditory brain stem responses for classification of hearing loss and the relationship to behavioral thresholds. *Ear Hear*. 2009;30(3):1-19. <http://dx.doi.org/10.1097/AUD.0b013e31819f3145>. PMID:19322084.
- Ribeiro FM, Carvallo RM. Tone evoked ABR in full-term and preterm neonates with normal hearing. *International Journal of Audiology*. 2008 Jan;47(1):21-9. <http://dx.doi.org/10.1080/14992020701643800>. PMID:18196483.
- Sininger YS, Cone-Wesson B, Abdala C. Gender distinctions and lateral asymmetry in the low-level auditory brainstem response of the human neonate. *Hear Res*. 1998;126(1-2):58-66. [http://dx.doi.org/10.1016/S0378-5955\(98\)00152-X](http://dx.doi.org/10.1016/S0378-5955(98)00152-X). PMID:9872134.
- BCEHP: British Columbia Early Hearing Program. BCEHP Audiology Assessment Protocol [Internet]. Vancouver; 2012 [citado em 2016 Out 26]. Disponível em: <http://www.phsa.ca/AgenciesAndServices/Services/BCEarlyHearing/ForProfessionals/Resources/Protocols-Standards.htm>
- 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. <http://dx.doi.org/10.1121/1.2783985>. PMID:18189568.
- 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. <http://dx.doi.org/10.1121/1.1787523>. PMID:15532653.
- Stapells DR, Gravel JS, Martin BA. Thresholds for auditory brain stem responses to tones in notched noise from infants and young children with normal hearing or sensorineural hearing loss. *Ear and Hearing*. 1995 Ago;16(4):361-71. <http://dx.doi.org/10.1097/00003446-199508000-00003>. PMID:8549892.
- Crumley W. Good Practices in Auditory Brainstem Response, Part 1 [Internet]. Houston, TX; 2011 [citado em 2016 Out 26]. Disponível em: <http://www.audiologyonline.com/articles/good-practices-in-auditory-brainstem-827>.