

Potenciais evocados auditivos de longa latência em campo sonoro em crianças audiológicamente normais

Long-latency auditory evoked potentials with sound field in normal-hearing children

Carla Gentile Matas¹, Fernanda Bicalho Lima Silva¹, Barbara Carrico¹, Renata Aparecida Leite¹, Fernanda Cristina Leite Magliaro¹

RESUMO

Objetivo: Caracterizar os Potenciais Evocados Auditivos de Longa Latência (PEALL) (P1, N1, P2, N2, P300) em campo sonoro, em crianças audiológicamente normais, bem como verificar a estabilidade destes potenciais. **Métodos:** Trata-se de um estudo prospectivo, longitudinal, composto por 17 crianças audiológicamente normais, na faixa etária de 6 a 13 anos de idade, com limiares de audibilidade dentro da normalidade. Foram captados os PEALL P1, N1, P2, N2, P300 com estímulos de fala e *tone burst*, em três momentos de avaliação: avaliação inicial (M0), três meses após a avaliação inicial (M3) e nove meses após a avaliação inicial (M9). **Resultados:** Foi observada diminuição dos valores de latência dos componentes P1 (M0xM3 / M0xM9 / M0xM3xM9) e P2 (M0xM9) e aumento no valor de amplitude do P300 (M0xM3), quando obtidos com estímulo de fala, e diminuição no valor de latência do P300 (M0xM9), obtido com estímulo *tone burst*. **Conclusão:** Foi possível identificar os componentes do PEALL na maioria dos indivíduos. Os componentes P1, N1, P2, N2 (*tone burst*) e N1 e N2 (fala) não sofreram modificações em latências e amplitudes entre os diferentes momentos de avaliação, sugerindo estabilidade deste potencial no período de nove meses. O P300 demonstrou ser um componente mais sensível a esse intervalo de tempo entre as avaliações, pois sofreu modificações indicativas de maturação do sistema nervoso auditivo central. As latências de todos os componentes obtidos com estímulo de fala foram maiores do que com *tone burst*, demonstrando que estímulos diferentes geram respostas corticais distintas.

Descritores: Potenciais evocados auditivos; Potencial evocado P300; Audição; Criança; Limiar auditivo

ABSTRACT

Purpose: To characterize the Long-Latency Auditory Evoked Potentials (LLAEP) (P1, N1, P2, N2, P300) with acoustic stimuli presented in sound field system in children with normal hearing, as well as to verify the stability of these potentials. **Methods:** This prospective, longitudinal study comprised 17 children with ages between 6 and 13 years and hearing thresholds within normal. The LLAEP P1, N1, P2, N2, P300 were recorded with speech stimuli and tone burst presented in sound field system, in three different moments: initial assessment (M0), three months after the initial assessment (M3), and nine months after the initial assessment (M9). **Results:** When the speech stimuli was used, there was a decrease in the latency values of components P1 (M0xM3/M0xM9/M0xM3xM9) and P2 (M0xM9), as well as an increase in the amplitude of P300 (M0xM3) over time. With the tone burst stimuli, it was verified a decrease in the latency values of P300 (M0xM9) over time. **Conclusion:** it was possible to identify the components of the LLAEP in most individuals. The P1, N1, P2, N2 (tone burst) and N1 and N2 (speech) did not change their latencies and amplitudes between the different moments of evaluation, suggesting stability of this potential in the period of 9 months. The P300 was the component most sensitive to the time intervals considered, since it presented modifications over time that indicated maturation of the central auditory nervous system. The latencies of all components obtained with speech stimulus were higher than with tone bursts, indicating that different stimuli generate different cortical responses.

Keywords: Evoked potentials, Auditory; Event-related potentials, P300; Hearing; Child; Auditory threshold

Trabalho realizado no Laboratório de Investigação Fonoaudiológica em Potenciais Evocados Auditivos, Curso de Fonoaudiologia, Departamento de Fisioterapia, Fonoaudiologia e Terapia Ocupacional, Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo – USP – São Paulo (SP), Brasil.

(1) Departamento de Fisioterapia, Fonoaudiologia e Terapia Ocupacional, Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo – USP – São Paulo (SP), Brasil.

Financiamento: Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), processo nº 2011/23997-5.

Conflito de interesses: Não

Contribuição dos autores: CGM: orientadora, elaboração da pesquisa, elaboração do cronograma, análise dos dados, correção da redação do artigo, aprovação da versão final; FBL: pesquisador principal, elaboração da pesquisa, elaboração do cronograma, levantamento da literatura, coleta e análise dos dados, redação do artigo; BC: levantamento da literatura, coleta e análise dos dados; RAL: elaboração da pesquisa, elaboração do cronograma, levantamento da literatura, coleta e análise dos dados, redação do artigo, aprovação da versão final; FCLM: elaboração da pesquisa, levantamento da literatura, análise dos dados, redação do artigo, aprovação da versão final.

Endereço para correspondência: Carla Gentile Matas. R. Cipotânea, 51, Cidade Universitária, São Paulo (SP), Brasil, CEP: 05360-160. E-mail: cgmata@usp.br

Recebido em: 27/1/2015; **Aceito em:** 31/8/2015

INTRODUÇÃO

Pesquisar os Potenciais Evocados Auditivos (PEA) significa avaliar o sistema auditivo desde sua porção periférica até a sua porção mais central, obtendo informações sobre seu funcionamento. Os PEA podem ser classificados de acordo com o tempo de surgimento, sendo denominados como curta, média ou longa latência⁽¹⁻³⁾.

Os componentes dos Potenciais Evocados Auditivos de Longa Latência (PEALL) são representados por picos, de acordo com a polaridade e com o valor de latência, sendo P (voltagem positiva) e N (voltagem negativa)⁽⁴⁾. Os primeiros componentes do PEALL que indicam a chegada da informação acústica ao córtex auditivo e o início do processamento auditivo cortical são o P1, N1, P2 e N2⁽⁵⁾. Para a faixa etária de 3 a 12 anos, o componente P1 possui latência entre 54 - 75 ms, o componente N1 entre 83-135 ms, o componente P2 entre 137-194 ms e o componente N2 entre 200 a 280 ms⁽⁶⁾. Após estes primeiros componentes dos PEALL, encontramos o P300 ou Potencial Cognitivo⁽⁷⁾, entre 241 e 396 ms, para a mesma faixa etária⁽⁶⁾.

Os PEA, além da classificação por tempo de ocorrência das respostas, podem ser classificados pela influência que sofrem das características extrínsecas ou intrínsecas. Os componentes P1, N1 e P2 são considerados exógenos, pois são influenciados por eventos extrínsecos relacionados às características do estímulo, enquanto que o N2 e o P300 são considerados endógenos, pois são influenciados por eventos intrínsecos, como a percepção e a cognição⁽⁶⁾.

Embora os geradores dos componentes P1, N1, P2 e N2 não estejam bem definidos, sabe-se que, para a geração do P1, estão envolvidas as projeções talâmicas e o córtex auditivo primário, do N1, o córtex auditivo supratemporal, do P2, o córtex auditivo frontolateral supratemporal e do N2, o córtex auditivo supratemporal⁽⁶⁾. Estes componentes apresentam diversas aplicabilidades clínicas, sendo que, atualmente, são muito utilizados como marcadores biológicos da maturação/plasticidade da via auditiva central em indivíduos usuários de aparelho de amplificação sonora e implante coclear⁽⁸⁻¹⁰⁾.

O P300 é um PEA que é afetado pela atenção aplicada ao estímulo (discriminação, integração e atenção)⁽⁹⁾ e é gerado pelas áreas primárias e secundárias do córtex auditivo⁽¹¹⁾. Este potencial é utilizado para auxiliar na investigação do mecanismo eletroquímico da cognição⁽¹²⁾ e pode estar alterado, quando existirem déficit nos mecanismos de atenção seletiva, estados de consciência e condições psicológicas que possam prejudicar a atenção^(2,6,7).

Sabendo-se que para o desenvolvimento das vias sensoriais do córtex são necessários tanto fatores intrínsecos, quanto extrínsecos e que na ausência de estímulos sensoriais, como na deficiência auditiva, o desenvolvimento normal e as conectividades necessárias para formar um sistema auditivo funcional ficam prejudicadas⁽¹³⁾, atualmente os PEALL são bastante

utilizados para avaliar a via auditiva central de indivíduos usuários de dispositivos eletrônicos para perda auditiva, visto que fornecem dados objetivos sobre a funcionalidade das estruturas corticais, além de quantificar a maturação do sistema nervoso central de crianças usuárias de aparelho de amplificação sonora individual e implante coclear.

Sendo assim, torna-se importante caracterizar os Potenciais Evocados Auditivos de Longa Latência (complexo P1-N1-P2-N2 e P300) em campo sonoro, em crianças audiológicamente normais, bem como verificar a estabilidade destes potenciais, a fim de fornecer parâmetros a serem utilizados em novos estudos, principalmente ao utilizar estes potenciais em campo sonoro em casos de avaliações específicas de crianças usuárias de próteses auditivas ou implante coclear, podendo auxiliar na avaliação, diagnóstico e monitoramento terapêutico desses distúrbios auditivos.

Portanto, o objetivo desta pesquisa foi caracterizar os Potenciais Evocados Auditivos de Longa Latência (componentes P1, N1, P2, N2 e P300) em campo sonoro, em crianças audiológicamente normais, bem como verificar a estabilidade destes potenciais.

MÉTODOS

Trata-se de um estudo prospectivo e longitudinal, aprovado pela Comissão de Ética para Análise de Projetos de Pesquisa (CAPpesq) da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (USP), sob Protocolo nº 0474/11. Os responsáveis legais pelas crianças leram e assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE).

Participaram desta pesquisa 17 crianças audiológicamente normais, na faixa etária de 6 a 13 anos (média de idade 8 anos e 7 meses), sendo 11 do gênero masculino e seis do gênero feminino, que atenderam aos seguintes critérios de inclusão: limiares de audibilidade ≤ 15 dBNA, em todas as frequências testadas (250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 Hz); potencial evocado auditivo de tronco encefálico normal (análise das latências absolutas das ondas I, III e V a 80 dBnNA, seguindo a normalidade estabelecida pelo equipamento Intelligent Hearing System®); ausência de queixa auditiva e de linguagem; ausência de comprometimento neurológico ou qualquer alteração que pudesse interferir nas medidas dos Potenciais Evocados Auditivos.

Os procedimentos de coleta de dados foram compostos por: protocolo de coleta da história clínica; inspeção do meato acústico externo, com o otoscópio da marca Heine; medidas de imitância acústica, por meio do imitancímetro marca Interacoustic®, modelo AT235; audiometrias tonal e vocal, utilizando o audiômetro marca Grason Stadler®, modelo GSI61 e fone supra aural, modelo TDH 50; PEATE e PEALL (componentes P1-N1-P2-N2 e P300), por meio do equipamento de dois canais modelo Universal Smart Box Jr™ Smart EP, marca Intelligent Hearing System®, calibrado em nível de audição

(dBnNA), utilizando fone de inserção modelo ER3A e Sistema de Campo Sonoro modelo SK-105.

Para obtenção dos PEALL, a estimulação acústica foi apresentada em sistema de campo sonoro, com as caixas acústicas posicionadas em um ângulo de 90° azimute e distância de 45 cm da orelha a ser testada. A criança foi posicionada, confortavelmente, em uma poltrona reclinável, em sala acusticamente e eletricamente tratada, sendo orientada a prestar atenção aos estímulos raros que apareciam aleatoriamente, dentro de uma série de estímulos frequentes, e solicitada a levantar a mão, sempre que o evento raro ocorria. Durante a coleta, a criança foi orientada a olhar para um ponto fixo dentro da sala, em frente a ela (2 metros de distância). Os traçados foram aceitos quando um máximo de 30 artefatos esteve presente.

Os PEALL foram realizados em três momentos diferentes: avaliação inicial – zero meses – M0; após três meses – M3 e após nove meses – M9 da avaliação inicial. As avaliações, nos três momentos, foram feitas pelo mesmo avaliador e a análise dos componentes dos PEALL foi realizada pelo mesmo avaliador e por dois juízes (profissionais com experiência em eletrofisiologia), sendo considerada a marcação de consenso.

Para captação dos PEALL, os eletrodos foram fixados à pele, no vértex (Cz –positivo), testa (Fpz - terra) e nas mastoídes direita e esquerda (M2 e M1 - negativo)⁽¹⁴⁾, sendo utilizada uma janela de 510 ms, filtro passa alto de 1 Hz, filtro passa baixo de 30 Hz e intensidade de 75 dBnNA.

Os estímulos *tone burst* utilizados foram de 1000 Hz (frequente) e 2000 Hz (raro), ambos com duração de 50 ms e intervalo interestímulo (ISI) de 860 ms.

Os estímulos acústicos de fala utilizados foram as sílabas /ba/, com duração de 114 ms (estímulo frequente) e ISI de 799 ms e a sílaba /da/, com duração de 206 ms (estímulo raro) e ISI de 690 ms, ambos sintéticos. As características específicas dos estímulos de fala /ba/ e /da/ encontram-se descritas no Quadro 1.

Para a realização do P300 foi utilizada a velocidade de 1,1 estímulo por segundo, sendo apresentado um total de

Quadro 1. Características específicas dos estímulos de fala /ba/ e /da/ utilizados para obtenção dos Potenciais Evocados Auditivos de Longa Latência

Sílabas	/ba/	/da/
Duração do estímulo	114.875 ms	206.275 ms
Duração da consoante	18 ms	9 ms
Duração da vogal	75 ms	174 ms
<i>Pitch</i> (Início – Fim)	112.4 -111.2 Hz	109.1-102.1 Hz
Formante (Hz)		
F1	818	732
F2	1378	1335
F3	2024	2498
F4	2800	3058
F5	4436	3828

Legenda: ms = milissegundos; Hz = Hertz; F = formante

300 estímulos. Destes, 15% referiam-se ao estímulo raro. Os valores de impedância dos eletrodos foram mantidos abaixo de 5 kohms.

Foram registrados dois traçados, um correspondente ao estímulo raro, no qual foi identificada e analisada a onda P300, em relação à sua latência e amplitude, e o outro, correspondente ao estímulo frequente, no qual foram identificados e analisados os componentes P1, N1, P2 e N2, em relação a sua latência e amplitude.

Os valores de média, mediana, variância e desvio padrão das latências e amplitudes dos componentes do PEALL com os estímulos *tone burst* e de fala foram calculados para cada momento de avaliação. Em seguida, foram comparados os valores médios de latência e amplitude nos diferentes momentos de avaliação, por meio do teste ANOVA com nível de significância 0,05 (5%), com intervalos de confiança construídos com 95% de confiança, caracterizando-se a normalidade. Foram excluídos destes cálculos estatísticos os indivíduos que apresentaram ausência de algum dos componentes do PEALL.

Foram calculadas as porcentagens de respostas presentes, por indivíduo, para cada componente do PEALL, nos três momentos de avaliação. Para esta análise foi considerado o número total de indivíduos presentes em cada momento de avaliação.

Houve variação com relação ao número de indivíduos que retornaram para realizar a segunda (M3) e terceira (M9) avaliações. Desta forma, a composição da amostra, nos diferentes momentos, foi: M0: 17 indivíduos; M3: 10 indivíduos; M9: 11 indivíduos. Portanto, o número de indivíduos final, para o cálculo de cada componente, variou.

RESULTADOS

Os resultados evidenciaram que não ocorreram diferenças significantes entre os diferentes momentos de avaliação, para as amplitudes P1-N1, P2-N2 e P300 (em μv), bem como para as latências dos componentes P1, N1, P2 e N2 (em ms) do PEALL, obtidos com estímulo *tone burst*, em crianças audiológicamente normais. Por sua vez, na comparação dos valores de latência do P300 (em ms), foi encontrada diferença estatisticamente significativa somente entre M0 e M9, destacando-se maiores latências para o P300, na primeira avaliação (M0) (Tabelas 1 e 2).

Ao comparar as amplitudes P1-N1, P2-N2 e P300 (em μv), obtidas com estímulo de fala, pôde-se verificar que ocorreu diferença estatisticamente significativa entre M0 e M3, para a amplitude do P300, com valores maiores de amplitude no momento momento M3, não havendo diferença entre os momentos M0 e M9, M3 e M9 e entre M0, M3 e M9 (Tabela 3).

No que diz respeito à comparação das latências dos componentes P1, N1, P2, N2 e P300 (em ms), obtidas com estímulo de fala, observou-se diferença estatisticamente significativa entre os momentos M0 e M3 para o componente P1, M0 e M9 para o componente P1 e P2 e entre M0, M3 e M9 para o componente P1, sendo evidenciadas maiores latências para os componentes

Tabela 1. Comparação das amplitudes na avaliação de crianças audiológicamente normais

Tone burst		Amplitudes (microvolts)				Valor de p			
		n	Média	Mediana	DP	M0xM3	M0xM9	M3xM9	M0xM3xM9
P1-N1	M0	15	4,42	3,91	1,77				
	M3	9	4,33	4,17	2,45	0,92	0,47	0,25	0,76
	M9	9	4,96	5,32	1,52				
P2-N2	M0	14	6,54	6,03	3,97				
	M3	9	6,82	5,32	4	0,86	0,84	0,74	0,94
	M9	9	6,20	6,04	3,95				
P300	M0	17	12,58	10,95	4,15				
	M3	10	10,38	11,44	2,69	0,15	0,19	1,0	0,19
	M9	11	10,37	10,97	3,53				

ANOVA ($p < 0,05$)

Legenda: M0 = mês zero; M3 = mês três; M9 = mês nove; n = tamanho da amostra; DP = desvio padrão

Tabela 2. Comparação das latências na avaliação de crianças audiológicamente normais

Tone burst		Latência absoluta (ms)				Valor de p			
		n	Média	Mediana	DP	M0xM3	M0xM9	M3xM9	M0xM3xM9
P1	M0	15	88,47	84,5	19,19				
	M3	9	74,89	72,5	9,39	0,06	0,21	0,22	0,09
	M9	10	80,15	81,5	8,48				
N1	M0	15	123,73	120,5	22,26				
	M3	10	117,6	109,25	17,49	0,47	0,92	0,3	0,7
	M9	9	124,67	115,5	20,45				
P2	M0	14	171,31	170,5	25,11				
	M3	9	166,39	174,5	20,42	0,63	0,47	0,21	0,52
	M9	9	178,11	178,5	17,22				
N2	M0	15	227,1	227	20,85				
	M3	10	231,25	233,5	20,35	0,63	0,84	0,89	0,92
	M9	11	229,45	234	35,93				
P300	M0	17	307,88	306	17,84				
	M3	10	298,66	308,75	29,34	0,32	0,04*	0,56	0,19
	M9	11	292,09	296,5	21,33				

*Valores significativos – ANOVA ($p < 0,05$)

Legenda: M0 = mês zero; M3 = mês três; M9 = mês nove; n = tamanho da amostra; DP = desvio padrão

Tabela 3. Comparação das amplitudes obtidas com estímulo de fala, na avaliação de crianças audiológicamente normais

Estímulo de fala		Amplitudes (microvolts)				Valor de p			
		n	Média	Mediana	DP	M0xM3	M0xM9	M3xM9	M0xM3xM9
P1-N1	M0	15	6,34	3,36	1,9				
	M3	9	6,91	10,34	2,91	0,57	0,41	0,10	0,74
	M9	10	4,88	4,75	2,05				
P2-N2	M0	15	8,09	16,79	4,20				
	M3	9	7,38	14,08	3,96	0,98	0,46	0,78	0,14
	M9	10	6,88	6,62	3,67				
P300	M0	17	14,12	18,57	4,31				
	M3	10	19,24	48,58	6,98	0,03*	0,12	0,39	0,06
	M9	9	16,94	17,05	4,27				

*Valores significativos – ANOVA ($p < 0,05$)

Legenda: M0 = mês zero; M3 = mês três; M9 = mês nove; n = tamanho da amostra; DP = desvio padrão

Tabela 4. Comparação das latências na avaliação de crianças audiologicamente normais

Estímulo de fala		Latência absoluta (ms)				Valor de p			
		n	Média	Mediana	DP	M0xM3	M0xM9	M3xM9	M0xM3xM9
P1	M0	15	104,83	105	7,53				
	M3	9	96,67	99	7,83	0,02*	0,02*	0,92	0,02*
	M9	10	96,95	98,25	7,53				
N1	M0	15	150,7	148,5	11,07				
	M3	9	146,78	144,5	16,58	0,49	0,16	0,69	0,45
	M9	10	144,25	146,25	10,51				
P2	M0	16	194,28	189,75	15,73				
	M3	9	189	189,5	8,14	0,36	0,04*	0,16	0,08
	M9	10	181,7	185,5	12,82				
N2	M0	15	251,93	248	16,56				
	M3	10	250,9	250,25	11,19	0,86	0,46	0,52	0,73
	M9	11	247,55	247	12,22				
P300	M0	17	300,47	296	26,45				
	M3	10	289,05	288,75	20,71	0,25	0,08	0,54	0,16
	M9	9	283,5	286	19,54				

*Valores significativos – ANOVA (p<0,05)

Legenda: M0 = mês zero; M3 = mês três; M9 = mês nove; n = tamanho da amostra; DP = desvio padrão

P1 e P2, na primeira avaliação (M0), em todas as comparações realizadas (Tabela 4).

Observou-se porcentagem elevada de presença de respostas, tanto para o estímulo de fala, como *tone burst*, para todos os momentos de avaliação (Figuras 1 e 2).

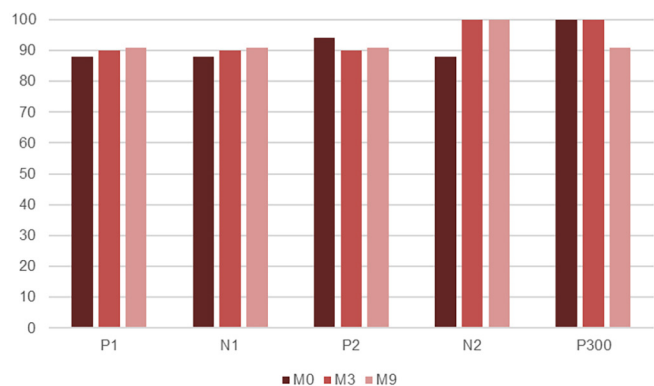
DISCUSSÃO

O processo maturacional do sistema auditivo central ocorre principalmente durante os primeiros anos de vida⁽¹⁵⁾, porém, alguns autores descrevem que o desenvolvimento dos componentes P1, N1 e P2 continua durante a segunda década de vida. Desta forma, observa-se que o processo maturacional, apesar de sofrer grandes modificações na puberdade, estabiliza-se na faixa etária adulta, acontecendo de maneira gradativa e linear,

sendo as maiores modificações observadas ao se comparar crianças e adultos^(4,6). O componente N2 apresenta valores de latência estabelecidos a partir dos 3 anos de idade, atingindo padrões do adulto aos 12 anos⁽⁶⁾.

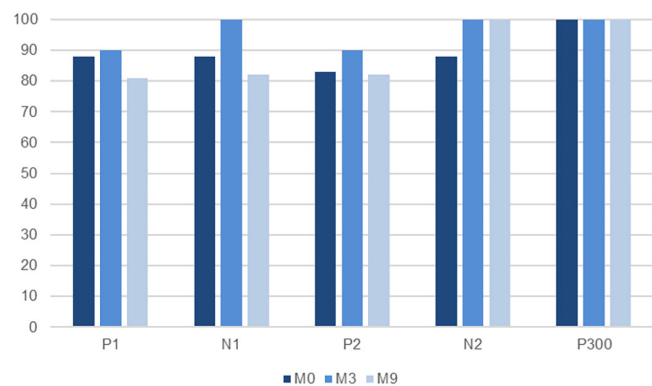
No presente estudo, verificamos maior porcentagem de ausência de respostas para os componentes N1 (18% no M9) e P2 (17% no M0 e 18% no M9), para o estímulo *tone burst*, o que concorda com os achados da literatura para uma faixa etária similar⁽¹⁶⁾. Para o estímulo de fala, a porcentagem de ausência foi relativamente homogênea para os componentes P1 (12% no M0), N1 (12% no M0) e P2 (10% no M3).

Embora a literatura relate ausência dos componentes N1 e P2 em crianças entre 4 e 9 anos de idade⁽¹⁶⁾, os dados deste estudo demonstraram que ocorreu maior porcentagem de presença do que ausência de todos os componentes estudados



Legenda: M0 = mês zero; M3 = mês três; M9 = mês nove

Figura 1. Porcentagem de presença dos componentes dos PEALL com estímulo de fala



Legenda: M0 = mês zero; M3 = mês três; M9 = mês nove

Figura 2. Porcentagem de presença dos componentes dos PEALL com estímulo *tone burst*

(P1, N1, P2, N2 e P300), tanto para o estímulo de fala, como *tone burst*. A literatura refere⁽¹⁷⁾ que, quanto menor o intervalo interestímulo (ex: 350 ms), maior a probabilidade de haver uma resposta bifásica, com presença apenas dos componentes P1 e N2. No presente estudo, o intervalo interestímulo (fala 799 ms e *tone burst* 860 ms) apresentado parece ter sido mais adequado para eliciar as respostas de todos os componentes do PEALL, para a faixa etária estudada.

De acordo com a literatura o P300 não é facilmente identificado em crianças menores de 8 anos de idade, apresentando valores de latência aumentados e morfologia alterada, sendo que, com o aumento da idade, a morfologia torna-se mais definida e os valores de latência diminuem, atingindo valores próximos ao do adulto entre 14 e 17 anos de idade⁽¹⁸⁾. Os resultados do presente estudo demonstraram presença do P300 em todos os momentos estudados, tanto para o estímulo de fala, como *tone burst*. Esses dados parecem concordar com o estudo supracitado, uma vez que a população estudada apresentava faixa etária até 13 anos (média de 8 anos), sendo possível identificar o P300 em todos os indivíduos.

O uso dos PEALL tem sido fortemente empregado em diferentes populações, pois fornecem dados objetivos sobre a funcionalidade das estruturas corticais auditivas. Quando realizado em crianças, torna-se imprescindível a caracterização dos mesmos levando-se em consideração o período maturacional do sistema nervoso auditivo central (SNAC), bem como o estabelecimento dos parâmetros de normalidade em crianças ouvintes normais de diferentes faixas etárias⁽¹⁹⁾.

De acordo com os resultados obtidos no presente estudo, verificamos que o componente P1 apresentou média de latência para todos os momentos de avaliação com estímulo de fala e no M0 e M9 para o estímulo *tone burst*, maiores que o estabelecido pela normalidade do estímulo *tone burst*, para a faixa etária estudada⁽⁶⁾, demonstrando a importância do estabelecimento dos padrões de normalidade, frente a diferentes tipos de estímulos acústicos. Segundo a literatura especializada, o componente P1 apresenta diminuição dos valores de latência até os 20 anos de idade^(13,20,21).

Outro componente que apresentou valores médios de latências maiores que o determinado pela literatura⁽²²⁾ foi o N1 obtido com estímulo de fala, no momento M0. Entretanto, o componente N1 com estímulo *tone burst*, nos três momentos de avaliação, apresentou latência dentro da normalidade estabelecida⁽⁶⁾.

Observou-se, também, que os componentes P2, N2 e P300 com estímulo de fala e *tone burst*, apresentaram valores médios de latência dentro da normalidade estabelecida pela literatura nos três momentos de avaliação^(6,22,23).

Um estudo demonstrou que diferenças espectrais para sons de fala (três consoantes) são codificados de forma distinta no córtex auditivo, produzindo padrões de respostas diferentes (latência e amplitude) para os componentes P1 e N2. Seus achados apontaram que a consoante de média frequência

(/g/) demonstrava latência mais precoce e amplitude maior para os dois componentes, quando comparada às consoantes de baixa (/m/) e alta frequências (/t/)⁽²⁴⁾. No presente estudo, observou-se que as médias de latências dos componentes P1, N1, P2, N2 obtidos com estímulo de fala (sílabas /ba/ frequência \approx 500 Hz) apresentaram maiores valores do que os obtidos com estímulo *tone burst* (1000 Hz). Uma hipótese para tais achados estaria relacionada à frequência dos estímulos utilizados (médio para o *tone burst* e grave para a fala), sendo que as latências precoces seriam observadas para os estímulos de média frequência. Outro fator relacionado a estes achados é o tempo de duração dos diferentes estímulos, ou seja, o estímulo de fala, por ter tempo de duração superior ao *tone burst*, pode levar maior tempo para ser decodificado pelas estruturas do córtex auditivo. Assim, os valores de latência podem sofrer interferência das características acústicas utilizadas na captação dos PEA⁽²²⁾.

Esses achados concordam com a literatura, que verificou latências reduzidas dos componentes P1, N1 e P2 obtidas com estímulo *tone burst*, quando comparados aos obtidos com estímulo de fala⁽²⁰⁾. Acredita-se que os valores médios de latências aumentados, para os componentes obtidos com estímulo de fala, tenham ocorrido devido ao fato do estímulo de fala ser mais complexo que o estímulo *tone burst*, necessitando, assim, de um tempo maior para o processamento da informação acústica.

Cabe ressaltar que foi identificada a redução dos valores de latência do P1 nas comparações entre M0 e M3, M0 e M9 e entre M0 X M3 X M9, com estímulo de fala, demonstrando que o processo de maturação das estruturas envolvidas na geração desse componente pode ser observado, mesmo em um curto período de tempo. Foi possível identificar, também, o processo de maturação da via auditiva, por meio da redução de latência do P2 (diminuição significativa nos valores de latências entre M0 e M9). Sendo assim, tanto os achados do componente P1 como P2, concordam com a literatura⁽¹⁹⁾ que, embora tenha utilizado o estímulo clique e fone de inserção para obter os componentes P1, N1 e P2, observou diminuição dos valores de latência destes componentes, com o avanço da idade.

Com relação ao P300, ocorreu diminuição nos valores médios de latência com estímulo *tone burst*, entre o M0 e M9, e um aumento do valor de amplitude com estímulo de fala, entre M0 e M3, demonstrando, assim, melhora na sincronia neural e na velocidade de processamento da informação acústica, bem como maior quantidade de neurônios ativados e melhora nas conectividades neuronais, provavelmente devido à maturação do sistema nervoso auditivo central.

No presente estudo, não foram observadas diferenças significantes para as amplitudes P1-N1 e P2-N2 com estímulo de fala e com estímulo *tone burst*, nos três momentos de avaliação, confirmando o descrito pela literatura, que sugere que crianças com desenvolvimento típico apresentam estabilidade nas amplitudes destes componentes⁽²⁵⁾.

Observou-se, também, neste estudo, que não foram encontrados indivíduos com ausência de todos os componentes dos PEALL, sendo que a presença dos componentes foi predominante nos diversos momentos de avaliação, para os estímulos de fala e *tone burst*. Este achado concorda com os relatados pela literatura⁽¹⁰⁾, que, ao avaliar por meio dos PEALL crianças com audição normal, observou presença de ondas na maioria das crianças, quando os estímulos foram apresentados em um nível audível.

Outro aspecto a ser enfatizado é que as latências de todos os componentes obtidos com estímulo de fala foram maiores do que com *tone burst*, demonstrando que estímulos diferentes geram respostas corticais distintas. Os estímulos complexos parecem necessitar de maior tempo para serem decodificados, ou, ainda, de mais estruturas corticais para seu processamento.

CONCLUSÃO

É possível identificar a maioria dos componentes do PEALL em campo sonoro, em crianças audiológicamente normais, nos três momentos de avaliações.

Os componentes P1, N1, P2 e N2, obtidos com estímulo *tone burst*, e N1 e N2 com estímulo de fala, não sofrem modificações em latências e amplitudes entre os diferentes momentos de avaliação, sugerindo estabilidade deste potencial para o tempo entre avaliação e reavaliação (período de 9 meses).

Os componentes P1 e P2, obtidos com estímulo de fala, sofrem redução de latência ao longo das avaliações e o componente P300, com estímulos *tone burst* e de fala, sofrem redução de latência e aumento de amplitude, respectivamente, entre os diferentes momentos de avaliação, sugerindo modificações indicativas de maturação do SNAC.

REFERÊNCIAS

- Ruth RA, Lambert PR. Auditory evoked potentials. *Otolaryngol Clin North Am*. 1991;24(2):349-70.
- Hall JW. Overview of auditory neurophysiology: past, present, and future. In: Hall JW. (Org.). *New handbook of auditory evoked responses*. Boston: Pearson Education; 2007. p. 1-34.
- Matas CG, Silva FN, Leite RA, Samelli AG. Estudo do efeito de supressão no potencial evocado auditivo de tronco encefálico. *Pro Fono*. 2010;22(3):281-6. <http://dx.doi.org/10.1590/S0104-56872010000300021>
- Ventura LMP. Maturação do sistema auditivo em crianças ouvintes normais: potenciais evocados auditivos de longa latência [dissertação]. Bauru: Universidade de São Paulo, Faculdade de Odontologia; 2008.
- Martin BA, Tremblay KL, Stapells DR. Principles and applications of cortical auditory evoked potentials. In: Burkard RF, Don M, Eggermont JJ. (Orgs.). *Auditory evoked potentials: basic principles and clinical application*. Baltimore: Lippincott Williams & Wilkins; 2007. p. 483-507.
- McPherson DL. *Late potentials of the auditory system*. San Diego: Singular; 1996.
- Duarte JL, Alvarenga KF, Banhara MR, Melo ADP, Sá RM, Costa OA. Potencial evocado auditivo de longa latência-P300 em indivíduos normais: valor do registro simultâneo em Fz e Cz. *Rev Bras Otorrinolaringol*. 2009;75(2):231-6.
- Sharma A, Martin K, Roland P, Bauer P, Sweeney MH, Gilley P et al. P1 latency as a biomarker for central auditory development in children with hearing impairment. *J Am Acad Audiol*. 2005;16(8):564-73. <http://dx.doi.org/10.3766/jaaa.16.8.5>
- Dorman MF, Sharma A, Gilley P, Martin K, Roland P. Central Auditory development: evidence from CAEP measurements in children fit with cochlear implants. *J Commun Disord*. 2007;40(4):284-94. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jcomdis.2007.03.007>
- Glista D, Easwar V, Purcell DW, Scollie S. A pilot study on cortical auditory evoked potentials in children: aided caeps reflect improved high-frequency audibility with frequency compression hearing aid technology. *Int J Otolaryngol*. 2012;2012:ID 982894. <http://dx.doi.org/10.1155/2012/982894>
- Musiek FE, Baran JA, Pinheiro ML. Behavioral and electrophysiological test procedures. In: Musiek FE, Baran JA, Pinheiro ML. (Org.) *Neuroaudiology: case studies*. San Diego: Singular Publishing Group, 1994. p. 7-28.
- Visioli-Melo JF, Rotta NT. Avaliação pelo P300 de crianças com e sem epilepsia e rendimento escolar. *Arq Neuropsiquiatr*. 2000;58(2B):476-84. <http://dx.doi.org/10.1590/S0004-282X2000000300013>
- Sharma A, Gilley PM, Dorman MF, Baldwin R. Deprivation-induced cortical reorganization in children with cochlear implants. *Int J Audiol*. 2007;46:494-99. <http://dx.doi.org/10.1080/14992020701524836>
- Jasper H. The ten-twenty system of the International Federation. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol*. 1958;10(2):371-5.
- Musiek FE, Verskest S, Gollegly K. Effects of neuromaturation of auditory evoked potentials. *Semin Hear*. 1988;9(1):1-13. <http://dx.doi.org/10.1055/s-0028-1085648>
- Ceponiene R, Rinne T, Näätänen R. Maturation of cortical sound processing as indexed by event-related potentials. *Clin Neurophysiol*. 2002;113(6):870-82. [http://dx.doi.org/10.1016/S1388-2457\(02\)00078-0](http://dx.doi.org/10.1016/S1388-2457(02)00078-0)
- Ceponiene R, Cheou M, Näätänen R. Interstimulus interval and auditory event-related potentials in children: evidence for multiple generators. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol*. 1998;108:345-54. [http://dx.doi.org/10.1016/S0168-5597\(97\)00081-6](http://dx.doi.org/10.1016/S0168-5597(97)00081-6)
- Buchwald JS. Comparison of plasticity in sensory and cognitive processing systems. *Clin Perinatol*. 1990;17(1):57-66.
- Ventura LM, Costa Filho AO, Alvarenga KF. Maturação do sistema auditivo central em crianças ouvintes normais. *Pro Fono*. 2009;21(2):101-7. <http://dx.doi.org/10.1590/S0104-56872009000200003>
- Swink S, Stuart A. Auditory long latency responses to tonal and speech stimuli. *J Speech Lang Hear Res*. 2012;55(2):447-59. [http://dx.doi.org/10.1044/1092-4388\(2011/10-0364\)](http://dx.doi.org/10.1044/1092-4388(2011/10-0364))

21. Wunderlich JL, Cone-Wesson BK. Maturation of CAEP in infants and children: a review. *Hear Res.* 2006;2012(1-2):212-23. <http://dx.doi.org/10.1016/j.heares.2005.11.008>
22. Alvarenga KF, Vicente LC, Lopes RCF, Silva RA, Banhara MR, Lopes AC, Jacob-Corteletti LCB. Influência dos contrastes de fala nos potenciais evocados auditivos corticais. *Braz J Otorhinolaryngol.* 2013;79(3):336-41.
23. Leite RA, Wertzner HF, Matas CG. Potenciais evocados auditivos de longa latência em crianças com transtorno fonológico. *Pro Fono.* 2010;22(4):561-6. <http://dx.doi.org/10.1590/S0104-56872010000400034>
24. Almeqbel A. Speech-evoked cortical auditory response in children with normal hearing. *S Afr J Commun Disord.* 2013;60(1):38-43. <http://dx.doi.org/10.7196/sajcd.132>
25. Zalcman TE. Complexo N1-P2-N2 em indivíduos com transtorno de processamento auditivo submetidos ao treinamento auditivo [dissertação]. São Paulo: Universidade de São Paulo, Faculdade de Medicina; 2007.