



ARTIGO ORIGINAL

Cortical auditory evoked potential in babies and children listeners[☆]



Ana Carla Leite Romero ^{a,*}, Ana Claudia Figueiredo Frizzo^a,
Eduardo Federighi Baisi Chagas ^a e Myriam de Lima Isaac ^b

^a Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Filosofia e Ciências (FFC), Campus de Marília, Marília, SP, Brasil

^b Universidade de São Paulo (USP), Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Ribeirão Preto, SP, Brasil

Recebido em 23 de julho de 2018; aceito em 2 de janeiro de 2019

Disponível na Internet em 10 de junho de 2020

KEYWORDS

Evoked potentials
auditory;
Electrophysiology;
Auditory cortex;
Infant;
Child

Abstract

Introduction: Cortical auditory evoked potentials have been increasingly used in research and audiological routines. However, there is a lack of studies with a large number of children who are stratified by age group. These would help clarify the variations in latency and amplitude of cortical auditory evoked potentials, and thus help establish reference values in children of different ages.

Objective: To identify the variation in latency and amplitude of the cortical auditory evoked potentials and to establish reference values for the pediatric population.

Methods: This was a cross-sectional study. Subjects were born at term and presented with no auditory complaints. A total of 105 children, of up to 6 years and eleven months old, who were divided into 7 age groups, named 1, 2, 3, 4, 5, 6 and 7, participated in the study. The tests were carried out using Biologic Navigator Pro. Initially, brainstem auditory evoked potential testing was performed in order to investigate the electrophysiological threshold of the subjects. Then, cortical auditory evoked potentials were elicited through oddball paradigm with tone burst differing in frequency, 750 Hz (frequent) and 1000 Hz (rare), and stimuli differing in speech: /ba/ (frequent) and /da/ (rare). In this study, descriptive and comparative analyzes of tonal and speech stimuli were performed for the age groups.

Results: Significant differences were observed when comparing cortical auditory evoked potentials with speech stimulus in the right ear for P2 amplitude, for P1 latency the left ear, for P2 amplitude of the left ear; and for P1 amplitude of the left ear when performed with tonal stimuli.

DOI se refere ao artigo: <https://doi.org/10.1016/j.bjorl.2019.01.007>

[☆] Como citar este artigo: Romero AC, Frizzo AC, Chagas EF, Isaac ML. Cortical auditory evoked potential in babies and children listeners. Braz J Otorhinolaryngol. 2020;86:395–404.

* Autor para correspondência.

E-mail: anacarla_lr123@hotmail.com (A.C. Romero).

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

PALAVRAS-CHAVE

Potenciais evocados auditivos;
Eletrofisiologia;
Córtex auditivo;
Lactente;
Criança

Conclusion: The obtained results can be considered as reference values of latency and amplitude of cortical auditory potentials in infants and children, and be used for monitoring their cortical auditory development.

© 2020 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/>).

Potencial evocado auditivo cortical em lactentes e crianças ouvintes**Resumo**

Introdução: Os potenciais evocados auditivos corticais têm sido cada vez mais usados em pesquisas e rotinas audiológicas. É importante que mais pesquisas sejam realizadas com maior número de crianças por faixa etária, a fim de contribuir para o conhecimento e descrever a variação das medidas de latência e amplitude, permitir estabelecer valores de referência desse potencial para crianças de diferentes grupos etários.

Objetivo: Identificar a variação das medidas de latência e amplitude e estabelecer os valores de referência desse potencial para a população pediátrica.

Método: Estudo do tipo transversal. Os indivíduos nasceram a termo, com ausência de queixas auditivas. Participaram do estudo 105 crianças de até 6 anos e 11 meses, divididas em 7 grupos de idade, denominados 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7. Os testes foram feitos com o *Biologic Navigator Pro*. Inicialmente, foi realizado o potencial evocado auditivo de tronco encefálico para investigar o limiar eletrofisiológico dos indivíduos. Em seguida, o potencial evocado auditivo cortical foi feito através do paradigma de *oddball* com *toneburst* diferindo em frequência, 750 Hz (frequente) e 1.000 Hz (raro) e o estímulo na fala: / ba / (frequente) e / da / (raro). Neste estudo, foram realizadas análises descritivas e comparativas dos estímulos tonais e de fala para os grupos etários.

Resultados: Diferenças significantes foram observadas na comparação do potencial evocado auditivo cortical com estímulo de fala da orelha direita para amplitude de P2, para latência de P1 da orelha esquerda, para amplitude de P2 da orelha esquerda e para amplitude de P1 da orelha esquerda quando feita com estímulo tonal.

Conclusão: Os resultados obtidos podem ser usados como medidas de referência de latência e amplitude dos potenciais auditivos corticais em lactentes e crianças, bem como para monitorar o desenvolvimento auditivo cortical.

© 2020 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

Os potenciais evocados auditivos corticais (PEAC) ou potenciais evocados corticais tardios têm sido cada vez mais usados em pesquisas e rotinas audiológicas, contribuem para o diagnóstico e acompanhamento do desenvolvimento auditivo em populações pediátricas.^{1,2}

Esses potenciais refletem a atividade neuroelétrica do córtex auditivo primário e secundário e fornecem informações adicionais sobre os processos biológicos envolvidos no processamento auditivo; podem ser usados clinicamente para avaliar a maturação auditiva, a capacidade auditiva e a audibilidade da fala em crianças com e sem perda auditiva.^{3,4} Estudos que avaliaram o significado funcional dos componentes do PEAC em lactentes são raros e não se sabe se os picos observados nessas idades iniciais são funcionalmente similares àqueles encontrados em adultos.⁵

Vários estudos usaram o componente P1 desse potencial para acompanhar o desenvolvimento auditivo cortical de crianças usuárias de implante coclear. Observou-se que, na maioria dos casos, há uma diminuição na latência desse componente à medida que os comportamentos comunicativos (vocalizações), as habilidades da fala e da linguística e a percepção da fala das crianças melhoram.^{6,7}

Estudos registraram esse potencial em diversas populações pediátricas, mas ainda faltam estudos que mostrem os valores do PEAC durante o desenvolvimento infantil. É importante que pesquisas sejam feitas com um número maior de crianças por grupo etário, a fim de contribuir para o diagnóstico e monitoramento do processo de maturação das estruturas auditivas corticais, bem como para conhecer e descrever a variação das medidas de latência e amplitude, permitir estabelecer valores de referência desse potencial para crianças em diferentes grupos etários.

Diante do exposto, este estudo teve como objetivo identificar a variação das medidas de latência e amplitude e estabelecer os valores de referência desse potencial para a população infantil.

Método

Este projeto de pesquisa foi submetido à análise e apreciação do comitê de ética em pesquisas e aprovado sob número 0701/2013.

Este foi um estudo transversal. Para selecionar os sujeitos deste estudo, os critérios de inclusão foram: sujeitos nascidos a termo, gestação e condições perinatais sem intercorrências, desenvolvimento neuropsicomotor adequado, ausência de queixas auditivas, limiar eletrofisiológico de 30 dBNA e latências das ondas I, III e V do PEATE dentro do esperado para a faixa etária.

Para o estudo, 105 indivíduos distribuídos aleatoriamente em 5 berçários e 5 escolas de educação infantil foram selecionados para garantir que as crianças avaliadas representassem a população geral. Foram feitas reuniões com a participação dos diretores de creches e escolas e os responsáveis pelas crianças, para explicar o propósito e a metodologia do estudo.

Os indivíduos selecionados tinham até 6 anos e 11 meses e foram distribuídos nos seguintes grupos:

- Grupo 1: 15 indivíduos de 0 a 11 meses;
- Grupo 2: 18 indivíduos de 1 ano a 1 ano e 11 meses;
- Grupo 3: 13 indivíduos de 2 anos a 2 anos e 11 meses;
- Grupo 4: 13 indivíduos de 3 anos a 3 anos e 11 meses;
- Grupo 5: 16 indivíduos de 4 anos a 4 anos e 11 meses;
- Grupo 6: 14 indivíduos de 5 anos a 5 anos e 11 meses;
- Grupo 7: 16 indivíduos de 6 anos a 6 anos e 11 meses.

Os potenciais evocados auditivos de tronco encefálico (PEATE) foram registrados nas intensidades de 80 dBNA e 30 dBNA, a fim de verificar a integridade das vias auditivas e o limiar eletrofisiológico.

Os registros do PEATE e do PEAC foram feitos com o equipamento de potencial evocado auditivo de dois canais Biologic Navigator® pelo mesmo examinador em todos os momentos. Foram usados cinco eletrodos descartáveis, o eletrodo terra foi posicionado em Fpz, os eletrodos ativos em Fz e Cz em referência ao lobo direito (A2) e esquerdo (A1), usaram-se os dois canais de registro do equipamento. No fim da coleta, optamos por usar os resultados de Cz, por apresentarem melhor morfologia nos traçados das ondas. Os registros no limiar foram repetidos com o mesmo número de medições para garantir a reprodutibilidade do exame.

Os exames foram feitos em uma sala com tratamento acústico, com o indivíduo deitado ou sentado, de acordo com a faixa etária. Os bebês estavam em sono espontâneo e as crianças estavam em estado de quietude, sem uso de sedação.

Em seguida, foi feito o PEAC, no qual as crianças permaneceram em sono espontâneo. As crianças acordaram em estado de quietude e assistiram a um vídeo (sem som).

O registro foi feito binauralmente, também através do uso de cinco eletrodos descartáveis. O eletrodo terra foi posicionado em Fpz, os eletrodos ativos em Fz e Cz em refe-

rência ao lobo direito (A2) e esquerdo (A1), usaram-se os dois canais de registro do equipamento. No fim da coleta, optamos por usar os resultados de Cz, por apresentarem melhor morfologia nos traçados das ondas.

Os componentes foram pesquisados aleatoriamente em duas varreduras, ou seja, primeiro foi evocado pelo paradigma de *oddball* com a discriminação de *tone burst* que diferiu em frequência tonal (estímulo frequente: frequência de 750 Hz e estímulo raro: frequência de 1.000 Hz)⁸ e, depois, para estímulos que diferem para a fala (estímulo frequente: / ba / e estímulo raro: / da /).

O PEAC com estímulo de fala foi investigado com um protocolo preestabelecido.⁹ Os estímulos de fala natural foram obtidos em uma sala acusticamente isolada, no laboratório de linguística. Eles foram gravados no programa Praat® (versão 4.2.31), a 48 KHz, posteriormente gravados em CD para inserção do formato de onda do *software* Biologic Navigator®. Inicialmente, trabalhamos no contraste através do ponto de articulação / ba / - / da /. Pela definição espectral e arranjo temporal, / ba / foi configurado como estímulo frequente e / da / como estímulo raro. As sílabas [ba] e [da] foram extraídas da emissão das palavras [ba'ba] e [da'da], respectivamente, correspondentes à segunda sílaba. A duração das sílabas [ba] e [da] foi de 180 ms. A ordem e o nível de apresentação do estímulo foram manipulados aleatoriamente pelo *software*.

Ambos os estímulos diferiram em frequência e os estímulos da fala foram apresentados aleatoriamente a uma taxa de 1,1 estímulo por segundo, com uma probabilidade de 20% de estímulo raro do total de 150 estímulos.

O PEAC foi registrado por um avaliador treinado, com experiência em eletrofisiologia. A marcação de onda do PEAC foi feita por dois profissionais com experiência em eletrofisiologia e, quando o traçado foi considerado de difícil análise, ou seja, sem concordância em relação à marcação, foi discutido entre os profissionais e considerado o consenso.

A identificação das ondas do PEAC foi feita nos traçados formados pelos estímulos raros, seguiu os critérios estabelecidos na literatura.¹⁰

As variáveis quantitativas foram organizadas como média \pm desvio-padrão. A distribuição da normalidade foi verificada pelo teste de Kolmogorov-Smirnov. O teste de Levene foi usado para testar a homogeneidade das variâncias. O teste Anova de fator único foi aplicado para identificar as diferenças entre as médias dos grupos ($p \leq 0,05$). O teste LDS *post hoc* foi feito para indicar diferenças significantes entre os grupos, através de letras sobrepostas semelhantes (a, b, c, d).

Para todas as análises, foi usado o *software* SPSS versão 19.0 para Windows, com um nível de significância de 5%.

Resultados

As figuras 1 e 2 descrevem os valores mínimos de 1° quartil, de 3° quartil e latência máxima do PEAC de acordo com cada grupo etário com estímulo de fala referente a Cza2 e as figuras 3 e 4 com estímulo tonal.

As figuras 5 e 6 descrevem os valores mínimos de 1° quartil, de 3° quartil e latência máxima do PEAC de acordo com cada grupo etário com estímulo de fala referente a Cza1 e as figuras 7 e 8 com estímulo tonal.

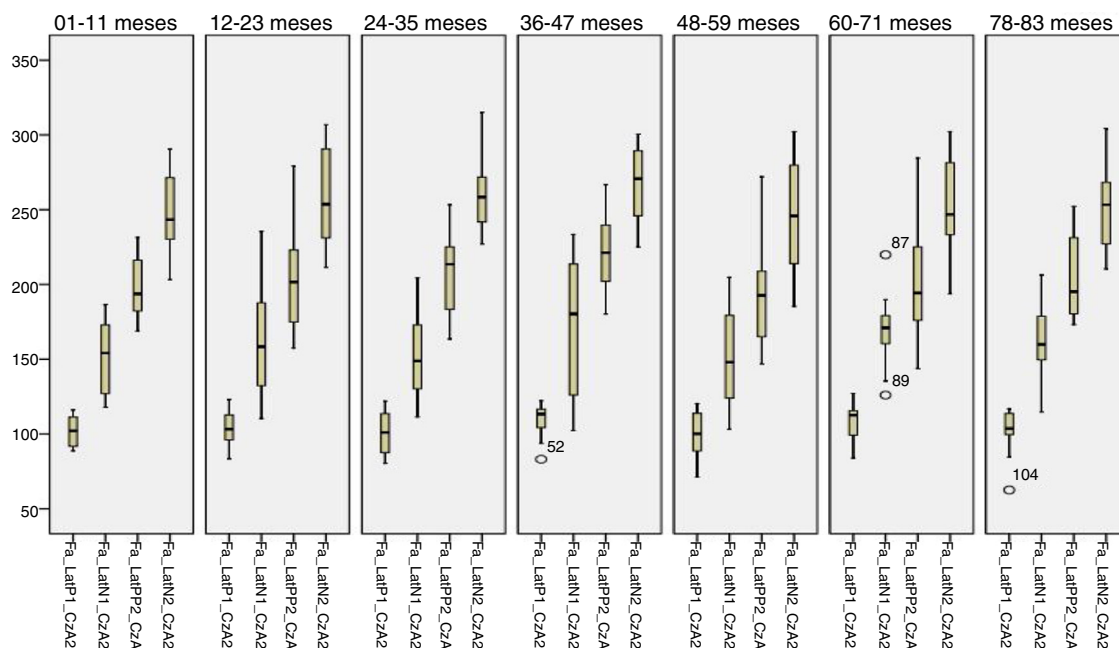


Figura 1 Valores mínimos, de 1º quartil, de 3º quartil e latência máxima de Potenciais Auditivos Corticais de acordo com cada grupo etário, com estímulo de fala referente à CZA2.

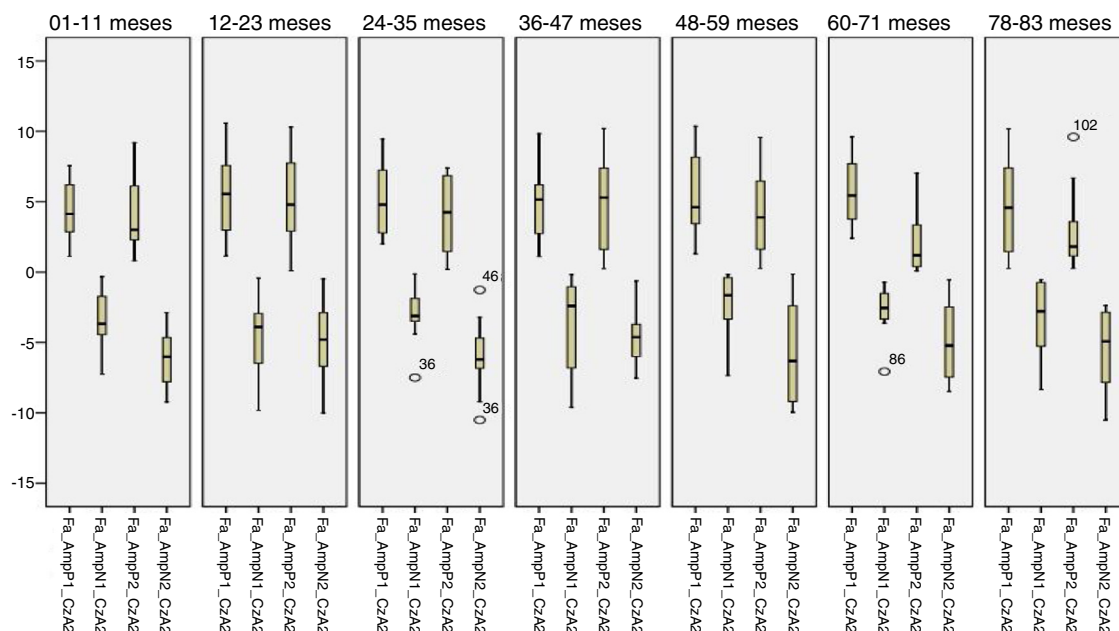


Figura 2 Valores mínimos, de 1º quartil, de 3º quartil e amplitude máxima de Potenciais Auditivos Corticais de acordo com cada grupo etário, com estímulo de fala referente à CZA2.

A [tabela 1](#) mostra os valores médios, desvio-padrão e valor de p do PEAC com estímulo de fala referente à CZA2 para cada grupo etário. Diferenças estatisticamente significativas foram observadas apenas para a amplitude P2 dos Grupos 1, 2, 4, 6 e 7, com diminuição da amplitude de onda à medida que a idade aumentava.

A [tabela 2](#) descreve esses achados em referência à CZA1 para cada grupo etário. Diferenças estatisticamente significativas foram observadas para a latência de P1 dos Grupos 1,

3, 4, 5, 6 e 7 com menor tempo de latência para indivíduos de 0 a 12 meses quando comparados com os indivíduos de 3, 4, 5 e 6 anos, seguido por uma diminuição adicional na latência para os indivíduos aos 7 anos e para a amplitude de P2 dos Grupos 1, 2, 3, 5, 6 e 7, com uma diminuição da amplitude de onda à medida que a idade dos indivíduos aumentava.

A [tabela 3](#) mostra a média, desvio-padrão e valor de p do PEAC com estímulo tonal em relação à CZA2 para cada grupo

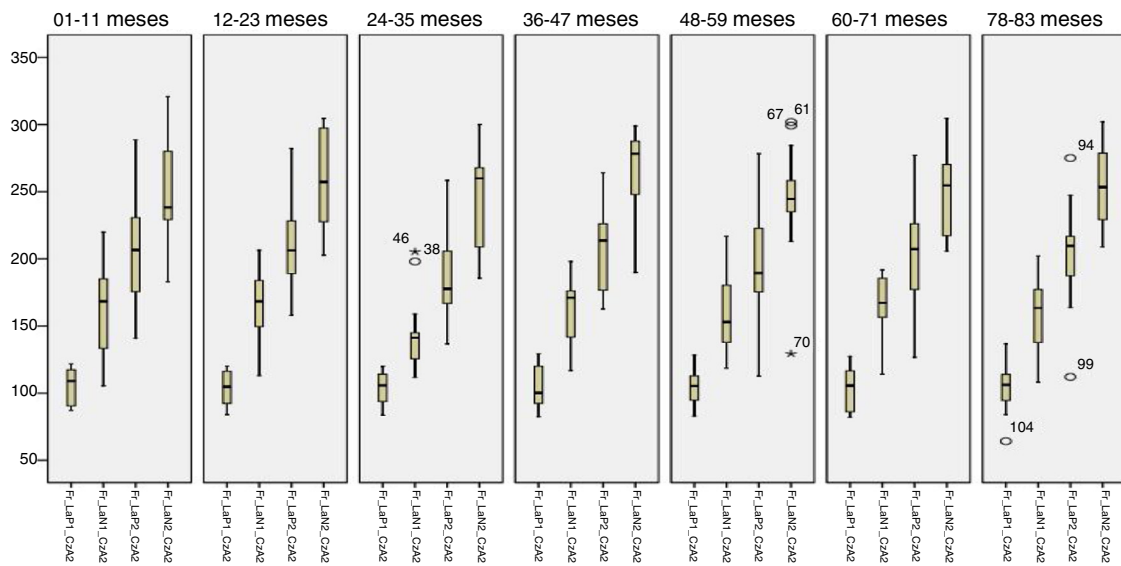


Figura 3 Valores mínimos, de 1º quartil, de 3º quartil e latência máxima de Potenciais Auditivos Corticais de acordo com cada grupo etário, com estímulo tonal referente à CzA2.

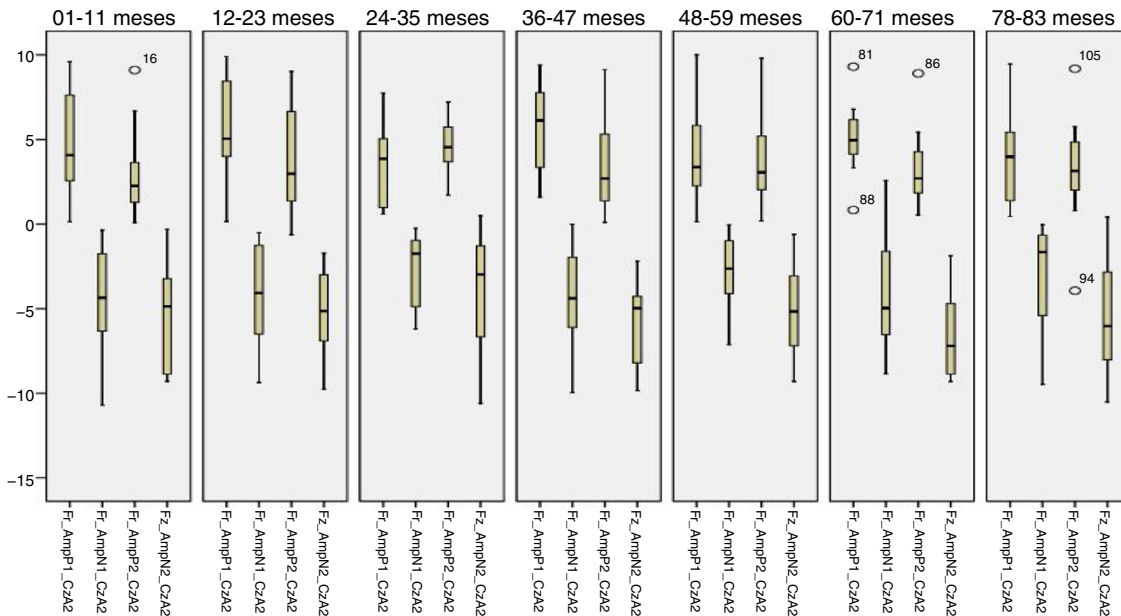


Figura 4 Valores mínimos, de 1º quartil, de 3º quartil e amplitude máxima de Potenciais Auditivos Corticais de acordo com cada grupo etário, com estímulo tonal referente à CzA2.

etário. Não foram observadas diferenças estatisticamente significativas.

A [tabela 4](#) descreve esses achados em referência à CzA1 para cada grupo etário. Observou-se diferença estatisticamente significativa na amplitude de P1 dos Grupos 1, 2, 3, 5 e 6, nos quais os indivíduos apresentavam diminuição da amplitude a partir dos 5 anos.

Discussão

Inicialmente, os achados deste estudo foram descritos nas figuras 1 a 8, a partir dos valores mínimo, máximo, de 1º

quartil (25%) e de 3º quartil (75%) da latência e amplitude do PEAC, com estímulo de fala tonal.

Se fizermos uma análise mais qualitativa dos resultados, podemos observar que, embora discreta, há uma variação de latência principalmente em relação ao componente P1, no qual foi observada uma diminuição da latência para o Grupo 1, seguido de um período estável, e uma nova diminuição para o Grupo 7, que apresentou latências ainda mais precoces em comparação às demais. Esses achados podem ser justificados pelo brotamento neural, na qual o crescimento celular ocorre a partir de axônios e é caracterizado por uma fase inicial rápida, seguida de uma fase mais lenta que persiste por meses, como observado nesse estudo.¹¹

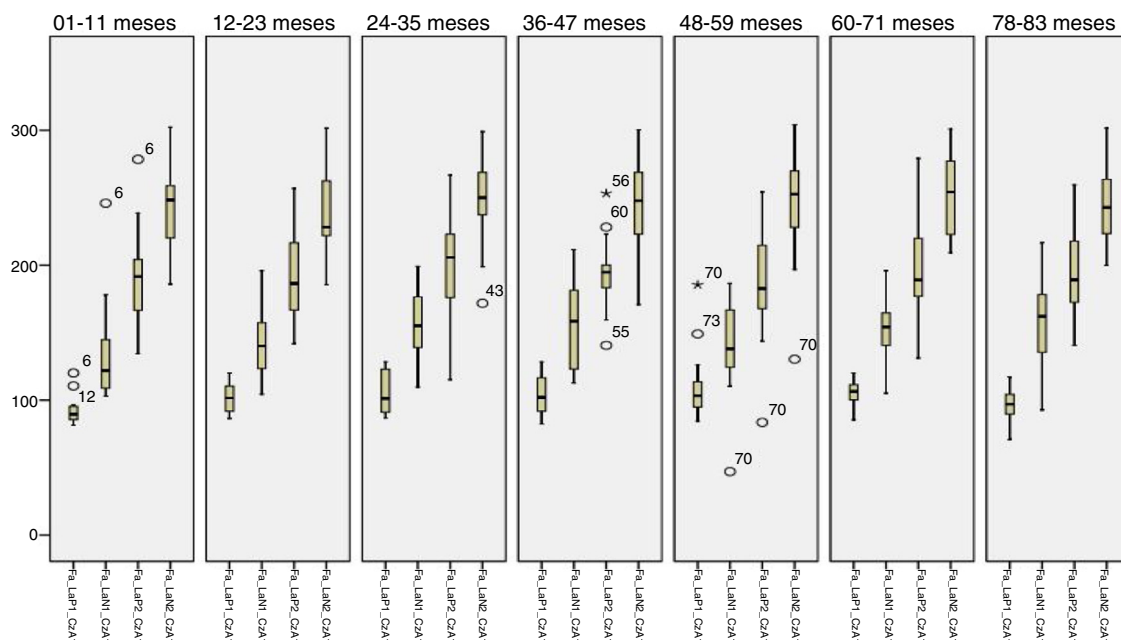


Figura 5 Valores mínimos, de 1º quartil, de 3º quartil e amplitude máxima dos Potenciais Auditivos Corticais de acordo com cada grupo etário, com estímulo de fala referente à CZA1.

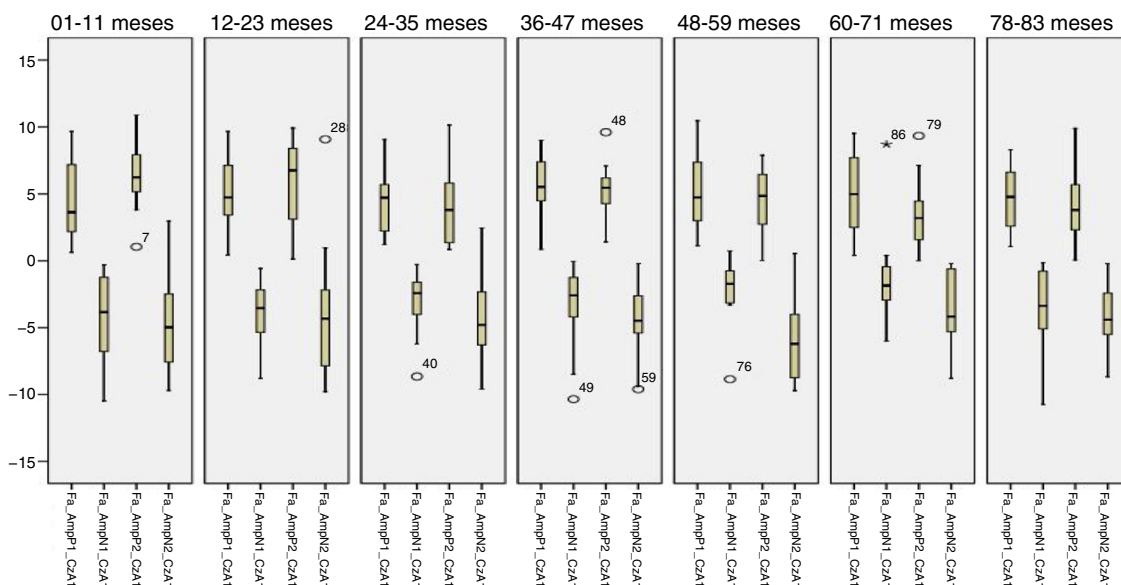


Figura 6 Valores mínimos, de 1º quartil, de 3º quartil e amplitude máxima dos Potenciais Auditivos Corticais de acordo com cada grupo etário, com estímulo de fala referente à CZA1.

Alguns estudos descobriram que as latências de P1 permaneceram estáveis entre 0 e 6 anos e relataram que esse achado é consistente com a maturação dos geradores neurais de P1 no córtex auditivo primário,¹² enquanto outros relataram que somente após os 5 anos observou-se uma diminuição na latência de P1.^{1,2,5}

Autores⁵ têm sugerido que o P1 reflete a propagação da atividade através das camadas mais profundas do córtex auditivo. No fim da infância, entre 6 e 12 anos, o estágio final da maturação estrutural do córtex auditivo ocorre quando os axônios amadurecem e se tornam equivalentes

aos do adulto, de forma que as latências do componente P1 só começariam a mostrar uma diminuição maior por volta dos 6 anos, como observado em nosso estudo.

Uma comparação do PEAC com cada grupo etário foi então feita com valores médios, desvio-padrão e valor de *p* em referência a Cza2 e Cza1 com estímulo de fala e frequência de cada grupo.

A *tabela 1* apresenta os achados do PEAC com estímulo de fala referente à Cza2. Foi observada diferença significativa entre os grupos etários para a amplitude de P2, com diminuição da amplitude de onda, pois houve aumento da

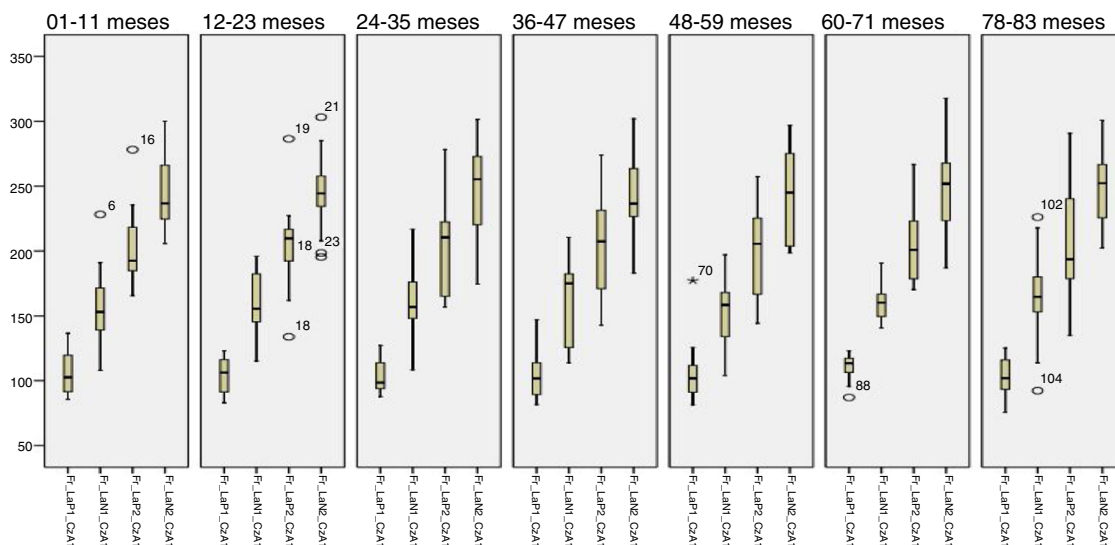


Figura 7 Valores mínimos, de 1º quartil, de 3º quartil e amplitude máxima dos Potenciais Auditivos Corticais de acordo com cada grupo etário, com estímulo tonal referente à CZA1.

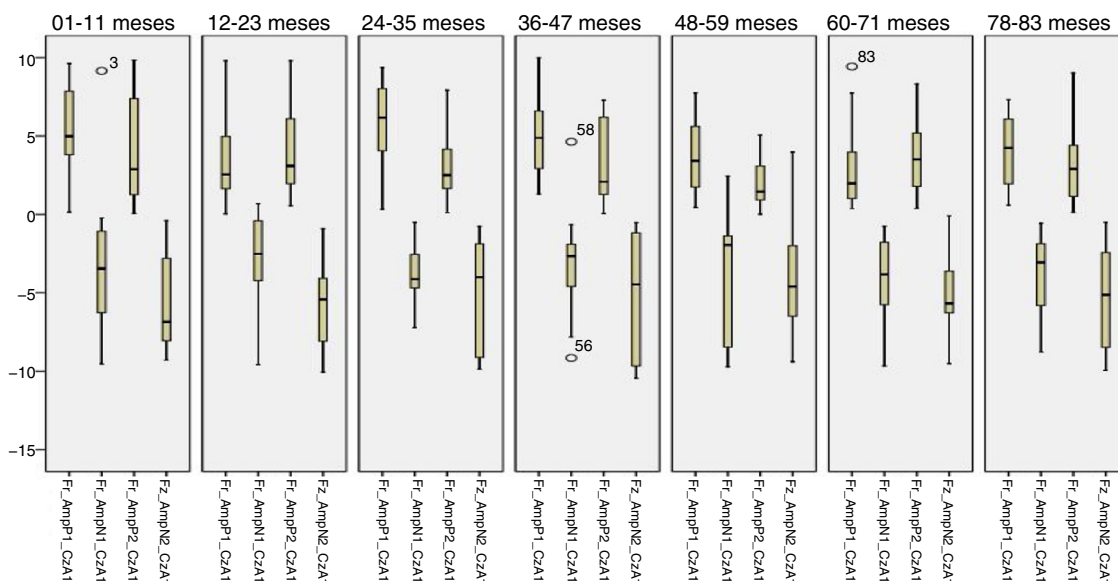


Figura 8 Valores mínimos, de 1º quartil, de 3º quartil e amplitude máxima dos Potenciais Auditivos Corticais de acordo com cada grupo etário, com estímulo tonal referente à CZA1.

idade, achados que demonstram o processo de maturação das estruturas envolvidas na geração desse componente.¹³ Além disso, estudos¹⁴ afirmam que a onda P2 tem geradores em várias regiões do córtex auditivo primário, secundário e reticular, que estão associados com a atenção que o indivíduo dá ao estímulo sonoro e com a inibição do processamento de estímulos competitivos; à medida que a maturação das vias auditivas ocorre, os indivíduos necessitam de menos atenção auditiva para discriminar os estímulos e adaptar-se a eles ou ignorá-los, o que gera uma onda de menor amplitude.^{13,15}

A **tabela 2** mostra uma diferença significativa entre os grupos etários para a latência de P1 em CZA1. Esses resultados mostram um tempo de latência mais baixo para indivíduos de 0 a 12 meses quando comparados com indivíduos de 3, 4,

5 e 6 anos, seguido por uma diminuição adicional na latência para indivíduos com 7 anos. Autores¹⁶ fizeram um estudo em que examinaram a maturação do PEAC de 3 meses a 8 anos e observaram que apenas o pico de P1 estava claramente presente, era o pico mais alto e era facilmente identificável em todas as idades.

Um estudo na literatura¹⁷ mostra que a latência de P1 não variou significativamente na infância ou na primeira infância, ou seja, durante os primeiros 6 anos de vida, permaneceu em torno de 92,1 ms, o que corrobora os achados deste estudo.

Autores que avaliaram potenciais corticais em crianças implantadas^{6,7} relataram que as crianças com deficiência auditiva apresentam um aumento de latência de P1 pré-implante coclear e que, após o uso do implante, há uma ativação muito rápida do componente P1, com

Tabela 1 Média, desvio-padrão e valor de *p* do Potencial Evocado Auditivo Cortical para latência e amplitude de P1, N1, P2 e N2 segundo cada grupo etário em relação ao estímulo de fala CzA2

	Grupos							<i>p</i>
	1	2	3	4	5	6	7	
LAT P1	101,8 ± 10,0	103,7 ± 11,9	101,9 ± 14,4	109,0 ± 11,5	100,3 ± 14,7	108,0 ± 13,2	102,7 ± 13,9	0,47
AMP P1	4,4 ± 2,0	5,6 ± 2,8	5,0 ± 2,3	4,9 ± 3,0	5,5 ± 2,7	5,6 ± 2,3	4,6 ± 3,3	0,80
LAT N1	151,0 ± 24,3	159,4 ± 34,1	152,8 ± 31,1	170,6 ± 44,1	150,3 ± 33,5	168,2 ± 24,1	162,7 ± 23,8	0,40
AMP N1	3,3 ± 1,7	4,3 ± 2,6	2,9 ± 1,8	3,7 ± 3,4	2,2 ± 2,2	2,6 ± 1,5	3,1 ± 2,4	0,20
LAT P2	197,5 ± 19,1	203,7 ± 36,4	206,9 ± 27,6	221,6 ± 26,5	194,1 ± 37,5	202,4 ± 36,5	203,7 ± 28,1	0,36
AMP P2	4,1 ± 2,7 ^a	5,3 ± 3,0 ^b	4,0 ± 2,8	5,0 ± 3,6 ^{c,d}	4,1 ± 2,9	2,0 ± 2,2 ^{a,b,c}	2,7 ± 2,4 ^{b,d}	0,02*
LAT N2	247,9 ± 26,5	259,1 ± 32,7	262,1 ± 26,1	266,7 ± 27,1	244,8 ± 38,2	255,6 ± 33,9	251,6 ± 29,4	0,47
AMP N2	6,2 ± 2,1	4,6 ± 2,5	5,9 ± 2,4	4,5 ± 2,0	5,6 ± 3,6	4,7 ± 2,6	5,6 ± 2,9	0,48

* $p \leq 0,05$ diferença estatística entre os grupos (Anova de fator único).

Letras equivalentes sobrepostas (a, b, c, d) indicam diferença significativa entre os grupos pelo teste *post hoc* LSD.

Tabela 2 Média, desvio-padrão e valor de *p* do Potencial Evocado Auditivo Cortical para latência e amplitude de P1, N1, P2 e N2 segundo cada grupo etário em relação ao estímulo de fala CzA1

	Grupos							<i>p</i>
	1	2	3	4	5	6	7	
LATP1	91,9 ± 10,4 ^{a,b,c,d}	101,5 ± 10,5	106,7 ± 16,5 ^a	103,1 ± 15,6 ^b	110,0 ± 25,5 ^{c,e}	105,1 ± 9,7 ^d	96,5 ± 11,7 ^e	0,02 ^a
AMPP1	4,3 ± 2,8	5,3 ± 2,6	4,1 ± 2,5	5,9 ± 2,3	5,2 ± 2,7	5,1 ± 2,88	4,7 ± 2,4	0,72
LATN1	134,7 ± 37,9	142,6 ± 22,7	155,3 ± 27,3	152,9 ± 32,8	139,4 ± 33,9	153,0 ± 23,8	157,3 ± 32,7	0,27
AMPN1	4,2 ± 3,2	3,9 ± 2,4	3,0 ± 2,3	3,4 ± 3,1	2,1 ± 2,1	1,3 ± 3,3	3,5 ± 3,1	0,08
LATP2	189,1 ± 36,4	190,5 ± 32,1	201,4 ± 41,6	194,8 ± 29,2	186,6 ± 42,3	198,8 ± 40,3	193,9 ± 34,7	0,93
AMPP2	6,3 ± 2,4 ^{a,b,c,d}	5,6 ± 3,2 ^e	3,9 ± 2,7 ^a	5,4 ± 1,9	4,3 ± 2,5 ^b	3,4 ± 2,4 ^{c,e}	3,9 ± 2,6 ^d	0,02 ^a
LATN2	245,0 ± 32,8	238,9 ± 34,5	249,9 ± 37,0	246,7 ± 35,7	245,0 ± 41,2	252,9 ± 32,1	244,0 ± 29,0	0,95
AMPN2	4,9 ± 3,7	4,1 ± 4,5	4,6 ± 3,5	4,7 ± 2,9	5,7 ± 3,1	3,7 ± 2,6	4,3 ± 2,3	0,76

^a $p \leq 0,05$ diferença estatística entre os grupos (ANOVA de fator único).

Letras equivalentes sobrepostas (a, b, c, d) indicam diferença significativa entre os grupos pelo teste *post hoc* LSD.

Tabela 3 Média, desvio-padrão e valor de *p* do Potencial Evocado Auditivo Cortical para a latência e amplitude de P1, N1, P2 e N2 segundo cada grupo etário em relação à CzA2 com estímulo tonal

	Grupos							<i>p</i> ^a
	1	2	3	4	5	6	7	
LATP1	106,0 ± 13,0	104,0 ± 12,0	104,0 ± 12,1	105,5 ± 16,6	104,1 ± 12,9	103,4 ± 15,9	103,6 ± 16,6	0,99
AMPP1	4,8 ± 3,1	5,6 ± 2,9	3,4 ± 2,3	5,4 ± 2,6	4,1 ± 2,7	5,0 ± 1,9	3,9 ± 2,8	0,23
LATN1	163,7 ± 32,5	168,0 ± 24,4	144,3 ± 28,4	164,1 ± 23,1	157,5 ± 27,1	165,2 ± 23,7	160,9 ± 27,4	0,31
AMPN1	4,5 ± 3,20	3,9 ± 2,8	2,6 ± 2,1	4,1 ± 3,01	2,9 ± 2,1	4,1 ± 3,4	2,9 ± 3,1	0,42
LATP2	209,1 ± 40,9	210,3 ± 35,5	192,0 ± 37,3	212,5 ± 33,6	195,8 ± 39,5	200,7 ± 41,8	202,6 ± 36,2	0,73
AMPP2	2,9 ± 2,4	3,7 ± 3,0	4,4 ± 1,7	3,5 ± 2,7	3,6 ± 2,4	3,2 ± 2,1	3,2 ± 2,8	0,76
LATN2	249,9 ± 37,3	256,7 ± 25,9	243,5 ± 25,9	265,2 ± 30,5	244,9 ± 39,3	252,3 ± 34,1	254,4 ± 31,0	0,69
AMPN2	5,4 ± 3,1	5,0 ± 2,3	4,3 ± 3,7	5,8 ± 2,7	4,9 ± 2,6	6,6 ± 2,4	5,4 ± 3,3	0,52

^a $p \leq 0,05$ diferença estatística entre os grupos (Anova de fator único).

valores de latência mais baixos quanto maior o tempo de uso do dispositivo. Além disso, os autores também observaram que o desenvolvimento do componente P1 das crianças após o implante coclear segue o mesmo padrão de uma criança ouvinte típica, mas com um atraso no processo de maturação.¹⁸ Observou-se também que a amplitude de P2 dos Grupos 1, 2, 3, 5, 6 e 7 apresentava diminuição dos picos

de onda à medida que a idade dos indivíduos aumentava. Esses achados são descritos na literatura,^{19,20} que descreve a amplitude de pico de onda como responsável por mostrar a densidade sináptica no córtex auditivo primário e nos primeiros 3 meses de vida pode aparecer com picos duplos. À medida que a idade aumenta, a maturação auditiva ocorre e a sincronia neural melhora, o que resulta em uma

Tabela 4 Média, desvio-padrão e valor de *p* do Potencial Evocado Auditivo Cortical para as latências e amplitudes de P1, N1, P2 e N2 segundo cada grupo etário em relação à CzA1 com estímulo tonal

	Grupos							<i>p</i>
	1	2	3	4	5	6	7	
LATP1	105,5 ± 15,8	103,8 ± 14,0	103,1 ± 12,8	104,3 ± 17,8	105,6 ± 23,1	110,6 ± 10,0	103,7 ± 13,9	0,89
AMPP1	5,4 ± 2,9 ^{a,b}	3,5 ± 2,8 ^{a,c}	5,8 ± 2,8 ^{c,d,e}	5,0 ± 2,7	3,5 ± 2,2 ^d	3,0 ± 2,7 ^{b,e}	4,0 ± 3,3	0,03 ^a
LATN1	156,6 ± 29,5	160,1 ± 26,1	159,3 ± 28,5	162,9 ± 32,4	154,0 ± 28,8	161,4 ± 14,2	165,0 ± 34,2	0,95
MPN1	3,3 ± 4,4	3,1 ± 3,0	3,8 ± 1,8	3,1 ± 3,4	3,8 ± 3,8	4,3 ± 3,1	4,0 ± 2,7	0,93
LATP2	202,2 ± 29,9	204,3 ± 31,9	203,8 ± 38,5	207,2 ± 42,5	201,0 ± 36,4	203,5 ± 27,6	206,1 ± 43,7	0,99
AMPP2	4,0 ± 3,5	4,1 ± 3,1	3,3 ± 2,7	3,3 ± 2,6	2,0 ± 1,5	3,6 ± 2,5	3,1 ± 2,4	0,38
LATN2	244,6 ± 29,4	243,4 ± 27,5	250,4 ± 40,6	240,5 ± 38,8	243,9 ± 38,2	248,5 ± 32,8	249,1 ± 28,9	0,98
AMPN2	5,6 ± 2,9	5,9 ± 2,5	5,0 ± 3,6	5,5 ± 4,0	4,2 ± 3,3	5,0 ± 2,6	5,3 ± 3,1	0,81

^a $p \leq 0,05$ diferença estatística entre os grupos (Anova de fator único).

Letras equivalentes sobrepostas (a, b, c, d) indicam diferença significativa entre os grupos pelo teste *post hoc* LSD.

resposta média mais alta com um único pico que deve diminuir a amplitude.^{1,5}

Na [tabela 4](#), foi observada diferença significativa entre os grupos etários para a amplitude de P1 de CzA1 com estímulo tonal. Verificou-se que os sujeitos apresentaram diminuição da amplitude a partir de 5 anos. Como mencionado, a amplitude do PEAC tende a diminuir à medida que ocorre a maturação auditiva. Além disso, autores¹⁷ observaram em seu estudo que a amplitude do pico de P1 diminuiu sistematicamente após a idade de um ano e era duas vezes maior do que a dos adultos. A literatura²¹ também relatou que crianças mais jovens tendem a mostrar amplitudes de pico relativamente maiores, que devem diminuir com a idade adulta.

Um estudo²² descreveu a dificuldade no registro do PEAC devido à ausência de um padrão de normalidade e a falta de rotina desse exame na prática clínica entre os profissionais, além de vários fatores, que vão desde a colocação de eletrodos e questões fisiológicas do indivíduo que podem interferir com a obtenção desses potenciais.

Outros autores,¹⁰ ao investigar a estabilidade na análise e interpretação do PEAC, seguiram um conjunto de critérios predeterminados e evidenciaram a necessidade de treinamento adequado do examinador que faz a avaliação desse potencial, além do uso de um critério bem-estabelecido para a análise do traçado, de modo que as interpretações sejam mais precisas e os resultados, confiáveis.

É importante ressaltar que, neste estudo, a fim de garantir a confiabilidade dos resultados, os dados foram coletados e analisados por um examinador treinado e experiente, que seguiu os critérios propostos pelos estudos.¹⁰ Além disso, para que esse teste seja útil na prática clínica, é necessário que os examinadores tenham um protocolo com valores normativos preestabelecidos de latência e amplitude para todos os grupos etários, o que justifica a contribuição científica deste estudo.

Portanto, esses resultados podem ser usados como medidas de referência da latência e amplitude do PEAC de lactentes e crianças e para monitorar o desenvolvimento auditivo cortical de pacientes com alterações audiológicas submetidos à terapia fonoaudiológica com o uso de próteses auditivas.

Conclusão

Ao comparar as faixas etárias, foram observadas diferenças significantes para o estímulo de fala em relação à CzA2 para a amplitude de P2, para latência da fala de P1 em CzA1, para amplitude da fala de P2 em CzA1 e para amplitude de P1 em CzA1 quando feita com estímulo tonal.

Além disso, neste estudo verificamos que é possível fazer o PEAC em lactentes e crianças até 6 anos e 11 meses, uma vez que se encontrava presente em todos os sujeitos analisados.

Portanto, esses resultados podem ser usados como medidas de referência da latência e amplitude do PEAC de lactentes e crianças e para o monitoramento do desenvolvimento auditivo cortical de pacientes com alterações audiológicas submetidos à terapia fonoaudiológica com o uso de próteses auditivas.

Conflitos de interesse

Os autores declaram não haver conflitos de interesse.

Referências

- Sharma MSC, Purdy K, Munro KS, Peter V. Effects of broadband noise on cortical evoked auditory responses at different loudness levels in young adults. *Neuroreport*. 2014;25:312–9.
- Sharma A, Glick H, Campbell J, Torres J, Dorman M, Zeitler DM. Cortical plasticity and reorganization in pediatric single-sided deafness pre- and postcochlear implantation: a case study. *Otol Neurotol*. 2016;37:26–34.
- Golding M, Pearce W, Seymour J, Cooper A, Ching T, Dillon H. The relationship between obligatory cortical auditory evoked potentials (CAEPs) and functional measures in young infants. *J Am Acad Audiol*. 2007;18:117–25.
- Martin BA, Tremblay KL, Korczak P. Speech evoked potentials: from the laboratory to the clinic. *Ear Hear*. 2008;29:285–313.
- Ponton CW, Eggermont JJ, Kwong B, Don M. Maturation of human central auditory system activity: evidence from multi-channel evoked potentials. *Clin Neurophysiol*. 2000;111:220–36.
- 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;40:284–94.

7. Sharma A. A sensitive period for the development of the central auditory system in children with cochlear implants: implications for age of implantation. *Ear Hear.* 2002;23:532-9.
8. Roggia SM, Colares NT. O mismatch negativity em pacientes com distúrbios do processamento auditivo (central). *Braz J Otorhinolaryngol.* 2008;74:705-11.
9. Alvarenga KA, Vicente LC, Lopes RCF, Silva RB, Banhara MR, Lopes AC, et al. Influência dos contrastes de fala nos potenciais evocados auditivos corticais. *Braz J Otorhinolaryngol.* 2013;79:336-41.
10. Junqueira CAO, Colafêmina JF. Investigação da estabilidade inter e intra-examinador na identificação do P300 auditivo: análise de erros. *Braz J Otorrinolaringol.* 2002;68:468-78.
11. Lundy-Ekman L. Neurociência. Fundamentos para a reabilitação. São Paulo: Elsevier; 2008.
12. Moore JK, Linthicum FH. The human auditory system: a timeline of development. *Int J Audiol.* 2007;46:460-78.
13. Kushnerenko E, Ceponiene R, Balan P, Fellman V, Huotilaine M, Näätäne R. Maturation of the auditory event-related potentials during the first year of life. *Neuroreport.* 2002;13:47-51.
14. Oades RD. Frontal, temporal and lateralized brain function in children with attention-deficit hyperactivity disorder: a psychophysiological and neuropsychological viewpoint on development. *Behav Brain Res.* 1998;94:83-95.
15. Hall J. *New Handbook of auditory evoked responses.* Boston: Allyn, and Bacon; 2006.
16. Shafer VL, Yan YH, Wagner M. Maturation of cortical auditory evoked potentials (CAEPs) to speech recorded from frontocentral and temporal sites: three months to eight years of age. *Int J Psychophysiol.* 2015;95:77-93.
17. Wunderlich JL, Cone-Wesson BK, Shepherd R. Maturation of the cortical auditory evoked potential in infants and young children. *J Speech Lang Hear Res.* 2006;212:185-202.
18. Jiwani S, Papsin BC, Gordon KA. Central auditory development after long-term cochlear implant use. *Clin. Neurophysiol.* 2013;124:1868-80.
19. Eggermont JJ. On the rate of maturation of sensory evoked potentials. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol.* 1988;70:293-305.
20. Huttenlocher PR, Dabholkar AS. Regional differences in synaptogenesis in human cerebral cortex. *J Comp Neurol.* 1997;387:167-78.
21. Bruneau N, Gomot M. Auditory evoked potentials (N1 wave) as indices of cortical development. In: Garreau B, editor. *Neuroimaging in child neuropsychiatric disorders.* Berlin: Springer; 1998. p. 113-23.
22. Frizzo AC, Alves RPC, Colafêmina J. Potenciais evocados auditivos de longa latência: um estudo entre hemisférios cerebrais. *Braz J Otorrinolaringol.* 2001;67:618-25.