

Potenciais corticais auditivos: uso de diferentes estímulos de fala em populações infantis

Auditory cortical potential: using different types of speech stimuli in children

Letícia Saia da Silva¹, Simone Fiuza Regaçone², Anna Caroline Silva de Oliveira³, Letícia Sampaio de Oliveira³, Franciele Trevisan Fernandes³, Ana Cláudia Figueiredo Frizzo⁴

RESUMO

Introdução: Os potenciais evocados auditivos são respostas elétricas que ocorrem nas vias auditivas centrais, resultantes de estimulação acústica. O uso de estímulos de fala para eliciar a resposta desses potenciais possibilita a compreensão de informações sobre codificação e decodificação da fala no sistema nervoso central. **Objetivo:** Comparar o resultado do potencial evocado auditivo de latência longa com dois diferentes estímulos de fala. **Métodos:** Participaram do estudo 30 escolares saudáveis, de ambos os sexos, com idade entre 8 e 12 anos. Para os potenciais evocados auditivos, foram utilizados dois diferentes estímulos de fala para a discriminação auditiva: Teste 1 /ba/ x /da/ e Teste 2 /pa/ x /da/. Os estímulos foram aleatoriamente apresentados, sendo 20% raros e 80% frequentes. Os escolares participaram de uma tarefa auditiva ativa e disseram [da] para identificar os estímulos raros. A normalidade dos dados foi determinada utilizando o teste de Shapiro-Wilk. Para comparar a média com o Teste 1 e Teste 2, foi realizada a estimulação t de Student. **Resultados:** Houve diferença significativa na latência P3 na orelha direita, amplitude P2 na orelha direita e amplitude P3 na orelha esquerda. Ocorreram valores mais longos com estímulo /ba/ x /da/. **Conclusão:** As respostas dos potenciais evocados auditivos de latência longa variam em função do estímulo e do cuidado em sua análise, quando se utilizam estímulos de fala na avaliação.

Palavras-chave: Potenciais Evocados Auditivos; Fala; Desenvolvimento infantil; Criança; Potencial Evocado P300

ABSTRACT

Introduction: Auditory Evoked Potentials are electrical responses that occur in the central auditory pathways, resulting from acoustic stimulation. The use of speech stimuli to elicit the response of these potentials allows to understand information about speech coding and decoding in the central nervous system. **Purpose:** To compare the Long Latency Auditory Evoked Potential of two different speech stimuli. **Methods:** Thirty healthy school children of both genders, aged between 8 and 12 years, participated in the study. For the auditory evoked potentials, different speech stimuli were used for the auditory discrimination: Test 1 /ba/ x /da/ and Test 2 /pa/ x /da/. The stimuli were randomly presented: 20% infrequent and 80% frequent. The school children participated in an active auditory task and said [da] to identify the infrequent stimuli. The normality of the data was determined using the Shapiro-Wilk test. To compare the mean with Test 1 and Test 2, stimulation was performed using Student t test. **Results:** There was a significant difference in P3 latency in the right ear, P2 amplitude in the right ear and P3 amplitude in the left ear. Longer values occurred with stimulus /ba/ x /da/. **Conclusion:** The responses of long latency auditory evoked potentials vary depending on the stimulus and care in the analysis when using speech stimuli in the evaluation.

Keywords: Evoked Potentials, Auditory; Speech; Child development; Child; Event-Related Potentials, P300

Trabalho realizado no Curso de Fonoaudiologia, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP – Marília (SP), Brasil.

(1) Curso de Fonoaudiologia, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP – Marília (SP), Brasil.

(2) Programa de Pós-Graduação em Fonoaudiologia, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP – Marília (SP), Brasil.

(3) Programa de Pós-Graduação (Mestrado) em Fonoaudiologia, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP – Marília (SP), Brasil.

(4) Departamento de Fonoaudiologia e Programa de Pós-Graduação em Fonoaudiologia, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP – Marília (SP), Brasil.

Conflito de interesses: Não

Contribuição dos autores: LSS preparação do projeto de pesquisa, pesquisa bibliográfica, coleta e discussão dos dados, redação do artigo; análise crítica da versão final; SFR, ACSO, LOS e FTF apoio no desenvolvimento do projeto, coleta e análise dos dados, redação do artigo, aprovação da versão final do texto, submissão do artigo; ACFF supervisor, pesquisador chefe, preparação do desenho do estudo, análise dos dados, redação do artigo e aprovação da versão final do texto.

Financiamento: Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC), Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), processo n° 154214/2015-9.

Autor correspondente: Ana Cláudia Figueiredo Frizzo. E-mail: anafizzo@marilia.unesp.br

Recebido: 3/10/2016; **Aceito:** 28/4/2017

INTRODUÇÃO

Os Potenciais Evocados Auditivos (PEA) são medidas auditivas não invasivas da atividade bioelétrica auditiva, a partir da superfície do couro cabeludo, após um estímulo sonoro. São classificados de acordo com o tempo em que a via auditiva leva para reagir ao estímulo, podendo ser de curta, média ou longa latência^(1,2).

Os Potenciais Evocados Auditivos de Longa Latência (PEALL) são gerados na região do córtex auditivo, principalmente nas vias auditivas tálamo-corticais e córtico-corticais, córtex auditivo primário e áreas corticais associativas^(3,4).

O registro e análise dos PEALL podem ser eliciados através de diferentes tipos de estímulo. Os mais utilizados são o tom puro e *tone burst*, mas a literatura^(5,6) demonstrou o uso de estímulos de fala para eliciar a resposta desses potenciais, enfatizando a possibilidade de análise de sinais complexos no córtex auditivo, por meio dessas medidas^(7,8).

Os potenciais auditivos, quando gerados por estímulos de fala, buscam compreender os processos subjacentes à codificação e decodificação da fala no sistema auditivo central. Na prática, o uso de estímulos de fala no exame PEALL auxilia a avaliação do processamento auditivo da informação acústica e linguística. Além disso, sensibiliza o estudo das bases neurais da detecção e discriminação da fala^(9,10).

Os PEALL são registrados e analisados por uma sequência de picos com polaridade positivo-negativo, ou seja, P1, N1, P2, N2 e P3. Na literatura, autores relataram que os componentes P1, N1, P2 e N2, quando gerados por estímulos de fala, variam de 100 ms a 300 ms^(11,12).

O complexo P1-N1-P2 sinaliza o processamento neural do sinal acústico ao nível do córtex auditivo e pode ser eliciado em resposta a estímulos tonais e de fala, apresentando-se a sílaba /da/. Sua presença sugere que a fala foi codificada ao nível do córtex auditivo e a ausência de resposta condiz com alguma imprecisão neste processo^(6,13,14,15).

Alguns autores realizaram estudos sobre a influência do contraste do estímulo de fala vocálico e consonantal nos potenciais evocados auditivos de longa latência, em crianças e adultos com audição normal, e puderam observar que houve influência nas medidas dos componentes P1, N1, N2 e P3, devido ao nível de complexidade do estímulo de fala^(16,17). Logo, a hipótese deste estudo foi compreender como tais estímulos influenciam na geração dos potenciais evocados auditivos e seus componentes.

Sabe-se que entre os 4 e 5 anos de idade a percepção de fala é aprimorada e que esta habilidade se estabelece até os 11 ou 12 anos, quando ocorre a maturação da percepção da fala. Portanto, pelo fato de o processo maturacional não estar concluído, são esperadas variações da resposta em relação à complexidade acústica do estímulo de fala e dificuldade de seu processamento^(13,14,15,16).

Autores destacaram que é de grande importância o uso

desses potenciais, quando eliciados por estímulos de fala, já que estes permitem o monitoramento do desenvolvimento auditivo em crianças normais e em situação de risco de desenvolver distúrbios na comunicação e prejuízos de linguagem⁽¹⁷⁾. Este tema é hoje pouco estudado, porém atual e de extrema importância e poderá viabilizar a determinação de padrões de normalidade, além de auxiliar a interpretação dessas medidas em diferentes populações clínicas fonoaudiológicas.

Visto que o estímulo de fala é um sinal complexo e sua presença sinaliza o processamento da fala no córtex, este estudo teve como objetivo comparar os resultados do Potencial Evocado Auditivo de Longa Latência com dois diferentes estímulos de fala.

MÉTODOS

Trata-se de um estudo transversal e de delineamento quantitativo e qualitativo. Participaram do estudo 30 escolares saudáveis, de ambos os sexos, com idade entre 8 e 12 anos. O projeto foi analisado e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, processo nº 1002/2014. Para seleção dos participantes, foram estabelecidos os seguintes critérios de inclusão: faixa etária entre 8 e 12 anos; ausência de queixas ou histórico atual de afecções do sistema auditivo; ausência de comprometimento psiquiátrico, cognitivo, físico ou motor; ausência de alterações de linguagem oral ou escrita e desempenho satisfatório em português e matemática por, pelo menos, dois bimestres consecutivos, identificados pelo professor.

Para seleção da amostra, foram realizadas anamnese audiológica, avaliação audiológica básica, composta por inspeção do meato auditivo externo, audiometria tonal e imitanciométrica.

Os materiais utilizados nesta pesquisa foram: otoscópio Heine®, audiômetro de dois canais GSI 61 Grason - Stadler®, analisador de orelha média GSI-33 e equipamento de potencial evocado auditivo de dois canais Biologic's Evoked Potential System (EP)®.

Após a seleção da amostra, todos os responsáveis pelos participantes da pesquisa foram informados sobre o conteúdo e objetivo desta pesquisa e exames realizados e assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. Como procedimento inicial, foi realizada anamnese audiológica, com o intuito de investigar a história da saúde geral e auditiva dos sujeitos. Em seguida, foi feita avaliação audiológica: pesquisa da audiometria tonal, nas frequências de 250 Hz a 8000 Hz na via aérea e de 500 Hz a 4000 Hz na via óssea, timpanometria, verificação dos reflexos ipsilaterais e contralaterais, nas frequências de 500 Hz a 4000 Hz. Após a confirmação de normalidade do sistema auditivo periférico, por meio dos procedimentos descritos acima, indicando acuidade auditiva normal (limiares menores ou iguais a 25 dBNA)⁽¹⁸⁾, timpanograma do tipo A, indicando mobilidade normal do sistema tímpano-ossicular^(19,20) e reflexos ipsilaterais e contralaterais presentes, foi realizada a pesquisa do PEALL.

Para o registro do PEALL, os sujeitos foram acomodados em sala acusticamente tratada e temperatura controlada em 24°C, posicionados em poltrona reclinável e orientados a permanecerem relaxados e de olhos abertos. Os eletrodos foram fixados com esparadrapo microporoso, após a limpeza da pele com pasta abrasiva, sendo usada pasta eletrolítica, para melhor condutividade elétrica. A impedância de cada eletrodo não ultrapassou 5 Kohms e não excedeu 2 Kohms, entre as impedâncias dos eletrodos⁽¹⁾.

Os estímulos de fala natural foram de vozes masculinas fluidas, com duração de 180 ms, extraídos da segunda sílaba, durante a emissão [dada] em que os formantes F1, F2 e F3 foram obtidos na sua porção inicial e estável, a uma intensidade de 70 dB NA Pe. Tais estímulos foram desenvolvidos no Laboratório de Linguística do Instituto de Estudos de Linguagem da Universidade Estadual de Campinas, gravados no Praat® (Versão 4.2.31), em 48 kHz e posteriormente gravados em CD, para a inserção em formato *wave* para o *software* do equipamento Biologic Navigator®.

Para a aquisição dos potenciais, foram utilizados diferentes estímulos e contrastes: /ba/ x /da/ e /pa/ x /da/ e realizados

dois testes. No Teste 1 (Figura 1), a sílaba /ba/ era o estímulo frequente (duração total da sílaba: 180 ms; velocidade de *onset* inicial - VOT: - 70 ms; transição formântica entre a consoante-vogal - CV: F1:609,3 Hz; F2: 1269 Hz) e a sílaba /da/, o estímulo raro (duração total da sílaba: 180 ms; velocidade de *onset* inicial - VOT: - 79 ms; transição formântica entre consoante-vogal - CV: F1: 608 Hz; F2: 1704 Hz). Já no Teste 2, (Figura 2) a sílaba /pa/ era o estímulo frequente (duração total da sílaba: 123 ms; velocidade de *onset* inicial - VOT: 15 ms; transição formântica entre a consoante-vogal - CV: F1: 663,2 Hz; F2: 1266 Hz) e a sílaba /da/, o estímulo raro (duração total da sílaba: 180 ms; velocidade de *onset* inicial - VOT: - 79 ms; transição formântica entre consoante-vogal - CV: F1: 608 Hz; F2: 1704 Hz).

Tais estímulos foram escolhidos para garantir a avaliação da percepção de propriedades acústicas distintas, durante a tarefa de discriminação auditiva.

Os estímulos foram apresentados de forma randômica, na proporção de 20% de estímulos raros, de um total de 200 estímulos, assegurando a somação de 40 respostas mínimas do estímulo raro, necessárias para o registro do PEALL livre

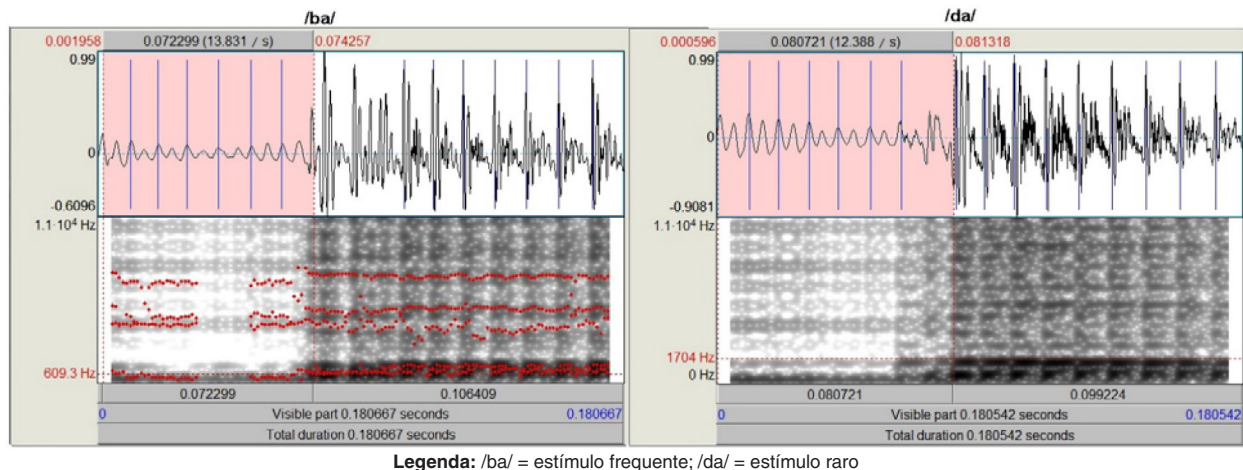


Figura 1. Características dos estímulos acústicos - Teste 1

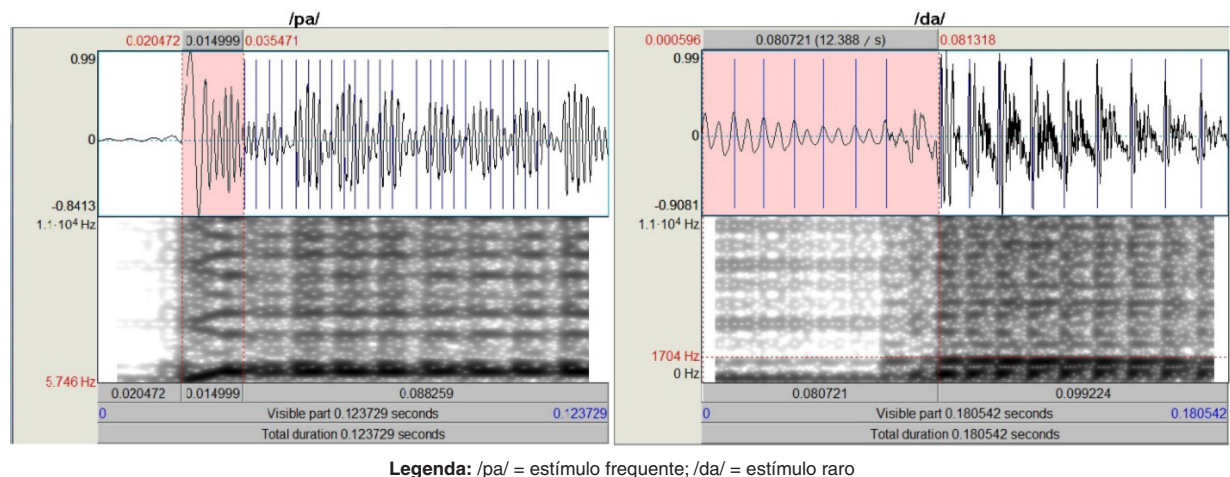


Figura 2. Características dos estímulos acústicos - Teste 2

de artefato⁽²¹⁾. Os dados foram registrados em uma janela de 500 ms, com filtragem passa-banda de 1-30 Hz, amplificação de 50.000 x e estímulo monoaural, taxa de estimulação de 1.9 estímulos/segundo, com polaridade alternada.

O registro das respostas foi efetuado com os eletrodos posicionados em Cz e Fz, em referência às orelhas A1 e A2 (orelha esquerda e direita), e terra em Fpz (frente), alternando as estimulações das orelhas direita e esquerda.

Para o registro do PEALL, os pacientes realizaram uma tarefa ativa, prestando atenção e discriminando os estímulos, nomeando-os como [da].

Os valores de latência e amplitude dos componentes P1, N1, P2, N2 foram marcados seguindo critérios estabelecidos na literatura. Esse complexo foi identificado no aparecimento das três primeiras ondas, no maior pico, em sequência, nas polaridades negativa – positiva – negativa, respectivamente, entre 60 ms e 300 ms⁽²²⁾, e o P3 foi marcado após o complexo N1-P2-N2, entre 220 ms e 400 ms⁽¹⁾. Os componentes corticais foram marcados nas ondas infrequentes e não houve subtração das ondas.

A normalidade dos dados foi determinada por meio do teste de Shapiro-Wilk. Para comparação entre as medidas do Teste 1 e Teste 2, foi realizado o teste t de Student. O *software* utilizado para a análise foi o BioEstat versão 5.3.

RESULTADOS

A análise descritiva de média e desvio padrão e análise inferencial das latências dos componentes do PEALL – P1, N1, P2, N2 e P3, com estímulos de fala /pa/x/da/ e /ba/x/da/ estão apresentadas na Tabela 1. Verificou-se significância estatística na latência do P3, quando estimulada a orelha direita.

Os resultados das amplitudes do PEALL – P1, N1, P2, N2,

P3 foram analisados por meio dos valores de média e desvio padrão, além da comparação entre os estímulos de fala /pa/ x /da/ e /ba/ x /da/, em aferência direita e esquerda. Observou-se aumento da amplitude de P2 com estímulo /ba/ x /da/ na orelha direita e P3, na orelha esquerda (Tabela 2).

Ao comparar as médias obtidas de latência e amplitude dos componentes, com diferentes estímulos entre as orelhas, constatou-se que não houve diferença estatística (com valores entre 0,09 e 0,97).

DISCUSSÃO

O PEALL é uma das medidas utilizadas para investigar o processamento auditivo central e as habilidades corticais de atenção, reconhecimento e discriminação auditiva, envolvidas no processamento da informação, com importante aplicação em populações infantis em condições de desenvolvimento auditivo normal e desviante^(7,23).

Os intervalos médios dos valores de latência para os componentes P1, N1, P2 e N2 variaram entre 87 ms e 221 ms, para crianças na faixa etária estudada, de acordo com a referência de outros estudos que utilizaram estímulos complexos^(11,12,24).

A análise da morfologia do complexo P1-N1-P2 do PEALL, frente a estímulos de fala, traduz respostas exógenas relativas às características acústicas do processamento sonoro⁽¹⁾. O uso de diferentes estímulos de fala com contrastes fonêmicos exprime a complexidade de informações acústicas ao nível do córtex e ao longo da maturação do sistema auditivo^(6,12). Em crianças com idade superior a 6 anos a resposta dos componentes exógenos do PEALL é semelhante à dos adultos, o que justifica a escolha da população deste estudo⁽¹²⁾.

A variação da resposta do PEALL quanto à amplitude de P2, aumentada com estímulo /ba/ x /da/ na orelha direita, está

Tabela 1. Comparação das latências das ondas P1, N1, P2, N2 e P3 para diferentes estímulos de fala

Componentes	Estímulos								Valor de p
	/pa/x/da/				/ba/x/da/				
	Média	DP	IC 95%		Média	DP	IC 95%		
		LI	LS			LI	LS		
P1 OD	71,66	23,10	63,19	80,14	71,90	19,35	64,80	79	0,96
N1 OD	115,42	0,06	107,69	123,15	109,28	24,82	100,17	118,38	0,32
P2 OD	156,83	30,24	145,73	167,92	155,18	31,82	143,51	166,86	0,68
N2 OD	221,93	30,70	210,67	233,19	228,69	30,91	217,35	240,03	0,59
P3 OD	301,29	36,68	287,84	314,75	316,77	36,95	303,22	330,33	0,05*
P1 OE	77,98	27,01	68,07	87,89	66,66	29,73	55,75	77,57	0,19
N1 OE	121,20	37,44	107,46	134,93	118,71	38,71	104,51	132,91	0,84
P2 OE	157,42	49,28	139,34	175,50	165,90	42,68	150,24	181,56	0,34
N2 OE	223,95	37,57	210,17	237,74	227,58	34,25	215,02	240,15	0,35
P3 OE	304,18	33,20	260,33	316,36	304,11	38,47	253,04	318,23	0,99

*Valores significativos ($p \leq 0,05$) – Teste t pareado/Wilcoxon

Legenda: OD = orelha direita; OE = orelha esquerda; DP = desvio padrão; IC 95% = intervalo de confiança; LI = limite inferior; LS = limite superior

Tabela 2. Comparação das amplitudes das ondas P1, N1, P2, N2 e P3 para diferentes estímulos de fala

Componentes	Estímulos								Valor de p
	/pa/x/da/				/ba/x/da/				
	Média	DP	IC 95%		Média	DP	IC 95%		
			LI	LS			LI	LS	
P1 OD	2,91	2,62	1,95	3,87	3,15	2,37	2,28	4,02	0,64
N1 OD	-4,45	3,67	-5,80	-3,10	-3,5	3,82	-4,94	-2,13	0,30
P2 OD	1,15	3,61	-0,17	2,48	2,63	3,45	1,36	3,90	0,03*
N2 OD	-7,29	3,44	-8,55	-6,03	-7,83	2,81	-8,86	-6,80	0,50
P3 OD	5,44	4,20	3,90	6,99	4,013	3,61	2,68	5,33	0,08
P1 OE	2,96	3,00	1,86	4,07	3,93	3,27	2,73	5,13	0,22
N1 OE	-4,00	3,64	-5,33	-2,66	-4,15	3,90	-5,59	-2,72	0,87
P2 OE	1,90	2,90	0,83	2,96	1,23	2,63	0,26	2,20	0,17
N2 OE	-7,69	4,37	-9,29	-6,09	-7,81	2,75	-8,82	-6,80	0,88
P3 OE	5,48	4,46	3,84	7,12	2,91	3,60	1,59	4,23	0,01**

*Valores significativos ($p \leq 0,05$) – Teste t pareado/**Wilcoxon

Legenda: OD = orelha direita; OE = orelha esquerda; DP = desvio padrão; IC 95% = intervalo de confiança; LI = limite inferior; LS = limite superior

diretamente relacionada à percepção das características físicas e temporais do estímulo. Tal componente reflete a atenção necessária para o desempenho de uma tarefa de discriminação auditiva⁽²⁵⁾.

Numa análise mais profunda, a percepção das consoantes se dá por meio de eventos acústicos transitórios, que podem ser percebidos separadamente⁽²⁵⁾, e de uma análise minuciosa das características dos fonemas⁽²⁶⁾. Quando empregados os estímulos de fala /ba/ x /da/, a percepção envolve propriedades acústicas distintas, relacionadas ao ponto de articulação, como uma única pista fonêmica articulatória “anterior”, para a identificação. Logo, o reconhecimento torna-se mais complexo e a velocidade e qualidade do processamento auditivo podem ser afetadas. Assim, a latência de resposta do componente tardio do PEALL, observada nesta pesquisa, pode ser justificada em função da complexidade da discriminação dos estímulos de fala no Teste 1⁽⁶⁾.

A amplitude aumentada para o componente P3, neste estudo, sugere mudanças na magnitude sináptica⁽²⁷⁾, compatível com a maior demanda de ativação elétrica, necessária para a distinção entre o /ba/ x /da/.

Quando comparadas as latências de P3 com estímulo vocálico e de fala, em outros estudos, foi possível observar que o estímulo de fala influenciou o componente P3. Em estudos, o grau de dificuldade na discriminação deste contraste foi informado como sendo maior do que no contraste vocálico, o que fortalece a afirmação deste estudo de que, quanto maior a complexidade do estímulo, maior a variação dos componentes do PEALL^(28,29).

Algumas questões sobre a medida do PEALL com estímulos de fala devem ser consideradas. A replicação de estudo neste tema requer cuidados metodológicos de gravação e análise acústicas e padronização dos estímulos do teste. Além disso,

análises comparativas dos valores de latência e amplitude são um tanto restritas, já que o tipo de estímulo utilizado influencia significativamente os resultados do PEALL, especialmente quando estímulos complexos são empregados.

CONCLUSÃO

As respostas dos potenciais evocados auditivos de longa latência com estímulos de fala variam em função da característica do estímulo e seu uso nas populações clínicas fonoaudiológicas deve ser cuidadosamente considerado na análise e interpretação dos resultados.

REFERÊNCIAS

- Hall, J. Handbook of auditory evoked responses. Boston: Allyn & Bacon; 2006.
- Ferraro J, Durrant J. Auditory evoked potentials: overview and basic principles. In: Katz J, editor. Handbook of clinical audiology. 4th ed. Baltimore: Williams; 1994. p. 317-38.
- Woods DL, Clayworth C, Knight L, Simpson G, Naeser M. Generators of middle and long-latency auditory evoked potentials: implications for studies of patients with temporal lobe lesions. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol*. 1987;68(2):132-48.
- Kraus N, Nicol T. Aggregate neural responses to speech sounds in the central auditory system. *Speech Commun*. 2003;41(1):35-47.
- Martin BA, Tremblay KL, Korczak P. Speech evoked potentials: from the laboratory to the clinic. *Ear Hear*. 2008;29(3):285-313. <https://doi.org/10.1097/AUD.0b013e3181662c0e>
- Alvarenga KF, Vicente LC, Lopes RCF, Silva RA, Banhara MR, Lopes AC et al. Influência dos contrastes de fala nos potenciais evocados auditivos corticais. *Braz J Otorhinolaryngol*. 2013;79(3):336-41. <https://doi.org/10.5935/1808-8694.20130059>

7. Alvarenga KF, Amorim RB, Agostinho-Pesse RS, Costa OA, Nascimento LT, Bevilacqua MC. Speech perception and cortical auditory evoked potentials in cochlear implant users with auditory neuropathy spectrum disorders. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol.* 2012;76(9):1332-8. <https://doi.org/10.1016/j.ijporl.2012.06.001>
8. Ponton CW, Don M, Eggermont JJ, Waring MD, Kwong B, Masuda A. Auditory system plasticity in children after long periods of complete deafness. *Neuroreport.* 1996;8(1):61-5.
9. Korczak PA, Kurtzberg D, Stapells DR. Effects of sensorineural hearing loss and personal hearing AIDS on cortical event-related potential and behavioral measures of speech-sound processing. *Ear Hear.* 2005;26(2):165-85.
10. Sharma A, Nash AA, Dorman M. Cortical development, plasticity and re-organization in children with cochlear implants. *J Commun Disord.* 2009;42(4):272-9. <https://doi.org/10.1016/j.jcomdis.2009.03.003>
11. Shafer VL, Yu 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(2):77-93. <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2014.08.1390>
12. Carpenter AL, Shahin AJ. Development of the N1-P2 auditory evoked response to amplitude rise time and rate of formant transition of speech sounds. *Neurosci Lett.* 2013;544:56-61. <https://doi.org/10.1016/j.neulet.2013.03.041>.
13. Wunderlich JL, Cone-Wesson BK. Maturation of CAEP in infants and children: a review. *Hear Res.* 2006;212(1-2):212-23. <https://doi.org/10.1016/j.heares.2005.11.008>
14. Abercrombie D. Elements of general phonetics. Cambridge: Cambridge University Press; 1967.
15. Poeppel D, Marantz A. Cognitive neuroscience of speech sound processing: image language and brain. Cambridge: MIT Press; 2000.
16. Cone B, Whitaker R. Dynamics of infant cortical auditory evoked potentials (CAEPs) for tone and speech tokens. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol.* 2013;77(7):1162-73. <https://doi.org/10.1016/j.ijporl.2013.04.030>
17. Cone BK. Infant cortical electrophysiology and perception of vowel contrasts. *Int J Psychophysiol.* 2015;95(2):65-76. <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2014.06.002>
18. Loyd LL, Kaplan H. Audiometric interpretation: a manual o basic audiometry. Baltimore: University Park Press;1978.
19. Jerger J. Clinical experience with impedance audiometry. *Arch Otolaryngol.*1970;92(4):311-24.
20. Junqueira CAO, Colafêmina JF. Investigação da estabilidade inter e intra-examinador na identificação do P300 auditivo: análise de erros. *Rev Bras Otorrinolaringol.* 2002;68(4):468-78. <https://doi.org/10.1590/S0034-72992002000400004>
21. Polich J, Margala C. P300 and probability: comparison of oddball and single-stimulus paradigms. *Int J Psychophysiol.* 1997;25(2):169-176. [https://doi.org/10.1016/S0167-8760\(96\)00742-8](https://doi.org/10.1016/S0167-8760(96)00742-8)
22. Sharma A, Kraus N, McGee T, Nicol T. Developmental changes in P1 and N1 auditory responses elicited by consonant-vowel syllables. *Clin Neurophysiol.*1997;104(6):540-5.
23. Regaçone FS, Gução BCA, Frizzo FCA. Eletrofisiologia: perspectivas atuais de sua aplicação clínica em Fonoaudiologia. *Verba Volant.* 2013;4(1):1-20.
24. Laufer I, Negishi M, Constable RT. Comparator and non-comparator mechanisms of change detection in the context of speech: an ERP study. *Neuroimage.* 2009;44(2):546-62. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2008.09.010>
25. Ordunã I, Liu EH, Church BA, Eddins AC, Mercado E. Evoked-potential changes following discrimination learning involving complex sounds. *Clin Neurophysiol.* 2012;123(4):711-9. <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2011.08.019>
26. Burgess SR, Lonigan CJ. Bidirectional relations of phonological sensitivity and prereading abilities: evidence from a preschool sample. *J Exp Child Psychol.* 1998;70(2):117-41. <https://doi.org/10.1006/jecp.1998.2450>
27. Vaughan HGJR, Ritter W. The sources of auditory evoked responses recorded from the human scalp. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol.* 1970;28(4):360-7. [https://doi.org/10.1016/0013-4694\(70\)90228-2](https://doi.org/10.1016/0013-4694(70)90228-2)
28. Bennett KO, Billings CJ, Molis MR, Leek MR. Neural encoding and perception of speech signals in informational masking. *Ear Hear.* 2012;33(2):231-8. <https://doi.org/10.1097/AUD.0b013e31823173fd>
29. Purdy SC, Kelly AS, Davies MG. Auditory brainstem response, middle latency response, and late cortical evoked potentials in children with learning disabilities. *J Am Acad Audiol.* 2002;13(7):367-82.