

Alessandra Spada Durante¹
 Margarita Bernal Wieselberg¹
 Sheila Carvalho¹
 Nayara Costa¹
 Beatriz Pucci¹
 Nicolly Gudayol¹
 Kátia de Almeida¹

Descritores

Potenciais Evocados Auditivos
 Percepção de Fala
 Percepção Auditiva
 Auxiliares de Audição
 Eletrofisiologia

Keywords

Evoked Potentials, Auditory
 Cortical Potential
 Speech Detection
 Hearing Aids
 Electrophysiology

Endereço para correspondência:

Alessandra Spada Durante
 Rua Dr. Cesário Mota Júnior, 61,
 8º andar, São Paulo (SP), Brasil,
 CEP: 01221-020.
 E-mail: alessandra.durante@femsanta-
 casasp.edu.br

Recebido em: 19/03/2014

Aceito em: 04/07/2014

Potencial Evocado Auditivo Cortical: avaliação da detecção de fala em adultos usuários de prótese auditiva

Cortical Auditory Evoked Potential: evaluation of speech detection in adult hearing aid users

RESUMO

Objetivo: Analisar a presença do potencial auditivo cortical e sua concordância com a detecção psicoacústica de sons de fala bem como a latência dos componentes P1, N1 e P2 apresentados em campo livre em adultos deficientes auditivos com e sem o uso da amplificação. **Métodos:** Foram avaliados 22 adultos com perda auditiva sensorineural bilateral simétrica de grau moderado a severo, usuários regulares de prótese auditiva bilateral. Foram utilizados estímulos de fala de baixas (/m/), médias (/g/) e altas (/t/) frequências, apresentados em intensidades decrescentes de 75, 65 e 55 dBNPS em campo livre nas condições sem e com o uso de próteses auditivas. O equipamento utilizado realiza a detecção estatística automática da resposta; além disso, as latências das ondas P1, N1 e P2 foram marcadas e a percepção psicoacústica foi registrada. **Resultados:** Os resultados demonstraram o aumento da presença de resposta cortical na condição com prótese auditiva. Observou-se a concordância entre a percepção psicoacústica e a detecção automática de 91% para os sons /g/ e /t/ e variou de 73 a 86% para o som /m/. As médias das latências P1, N1 e P2 diminuíram tanto com o aumento da intensidade como com o uso da prótese auditiva para os três sons de fala. As diferenças foram significantes para os sons /g/ e /t/ na comparação sem e com prótese auditiva. **Conclusão:** Houve aumento da presença do potencial evocado auditivo cortical na condição com prótese auditiva. A detecção automática da presença de resposta cortical na condição com prótese auditiva apresentou 91% de concordância com a percepção psicoacústica do sinal de fala. Na análise das medidas de latência dos componentes P1, N1 e P2, observou-se a uma diminuição tanto com o aumento da intensidade do sinal como com o uso da amplificação para os três estímulos de fala /m/, /g/ e /t/.

ABSTRACT

Purpose: To analyze the presence of auditory cortical potential and its correlation with psychoacoustic detection of speech sounds as well as the latency of the P1, N1 e P2 components presented in free field in hearing impaired adults with and without amplification. **Methods:** We evaluated 22 adults with moderate to severe symmetrical bilateral sensorineural hearing loss, regular users of bilateral hearing aids. Speech sounds of low (/m/), medium (/g/) and high (/t/) frequencies were presented in sound field in decreasing intensities of 75, 65 and of 55 dB SPL in free field with and without hearing aids. The used equipment performs automatic statistical detection of the presence of response; furthermore, the latencies of waves P1, N1 e P2 were labeled and the psychoacoustic perception was registered. **Results:** The results demonstrated the increased presence of cortical response with hearing aids. We observed the correlation between psychoacoustic perception and automatic detection of 91% for the sounds /g/ and /t/ and ranged from 73 to 86% for the sound /m/. The averages of latencies P1-P2-N1 decreased with both increasing intensity and the use of hearing aids for the three sounds. The differences were significant for the sounds /g/ and /t/ in comparison with and without hearing aids. **Conclusion:** There was increase in the presence of cortical auditory evoked potential with hearing aids. Automatic detection of cortical response provided with hearing aids showed 91% agreement with the psychoacoustic perception of the speech signal. In the analysis of latency measures of the P1, N1 and P2 components, it was observed a decrease with the increase of the signal intensity and the use of amplification for the three speech stimuli /m/, /g/ and /t/.

Trabalho realizado na Faculdade de Ciências Médicas, Santa Casa de São Paulo – FCMSCSP – São Paulo (SP), Brasil.

(1) Curso de Fonoaudiologia, Faculdade de Ciências Médicas, Santa Casa de São Paulo – FCMSCSP – São Paulo (SP), Brasil.

Fonte de financiamento: Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP).

Conflito de interesses: nada a declarar.

INTRODUÇÃO

Os potenciais evocados auditivos (PEA) são modificações elétricas que ocorrem no sistema nervoso auditivo, geradas em diversos níveis do sistema nervoso auditivo central diante de uma estimulação acústica. São classificados de acordo com sua latência (intervalo de tempo entre a apresentação do estímulo sonoro e o pico das ondas) em três grupos: potenciais de curta latência, aqueles que ocorrem nos primeiros 10 a 12 milissegundos (ms); potenciais de média latência, entre 12 e 50 ms, e potenciais de longa latência, também chamados de corticais, os que ocorrem entre 50 e 600 ms⁽¹⁾.

Os potenciais evocados auditivos corticais (PEAC) exógenos mais comumente observados são o P1, N1 e P2. Esses componentes fornecem informações da chegada da informação sonora ao córtex auditivo⁽²⁾. Para um adulto, a onda P1 é caracterizada por um pequeno pico positivo com latência cerca de 50 ms após o estímulo, um grande pico negativo (N1), em torno de 100 ms após o início do estímulo, e um segundo grande pico positivo P2, cerca de 200 ms após estimulação. A avaliação auditiva por meio do PEAC apresenta inúmeras vantagens na medida em que possibilita a avaliação de todo o sistema auditivo (desde o tronco encefálico até o córtex), pode ser registrado em sujeitos acordados e ser obtido com uma variedade de estímulos acústicos apresentados tanto por meio de fones como em campo livre, situação especialmente favorável^(1,3). Ainda que detentores de inestimável valor clínico e científico, a utilização rotineira desses potenciais corticais ficou comprometida, no passado, por inúmeros fatores. Os componentes principais do PEAC sofrem mudanças substanciais no padrão de respostas dependendo do estágio do desenvolvimento do nascimento até a adolescência. Observa-se também grande variabilidade na amplitude, latência e morfologia das respostas inter e intrassujeitos, além de variar de acordo com o tipo e características do estímulo. Portanto, frente às mudanças maturacionais significantes que ocorrem no PEAC ao longo do desenvolvimento, à grande variabilidade de respostas, além da limitação técnica dos eletrodos, filtros e amplificadores na captação desses potenciais, somados à dificuldade na interpretação das respostas e ao alto custo do equipamento, o uso clínico dos PEAC até recentemente era proibitivo^(3,4).

O aumento do número de lactentes precocemente diagnosticados pelos programas de triagem auditiva neonatal e, seguidamente, encaminhados para a adaptação de prótese auditiva criou novos desafios aos fonoaudiólogos. O primeiro deles consiste em garantir uma estimativa confiável dos limiares auditivos dessa população e o segundo é o de calcular, a partir desses limiares auditivos, por meio de fórmulas prescritivas, as características eletroacústicas e os ajustes necessários que garantam que os sinais de fala possam ser detectados de forma otimizada, efetiva e confortável por essa criança⁽⁵⁾.

A verificação de que as metas prescritas de ganho acústico e saídas máxima foram ou não atingidas pode ser realizada por meio de fórmulas prescritivas adequadas, pontual e individualmente, para medir o desempenho de determinada prótese auditiva. No entanto, tais fórmulas dependem da precisão de cálculos baseados no limiar auditivo medido ou estimado. Erros, desvios ou imprecisões que possam acontecer em qualquer um desses estágios

podem comprometer as metas de amplificação a serem atingidas. Quanto maior o desvio, mais difícil a garantia de alcançar os benefícios esperados ou de que o som fornecido estaria, de fato, chegando ao córtex auditivo^(6,7). Além disso, com a finalidade de se adequar o desempenho e conforto da amplificação, relatos do próprio paciente são utilizados para fazer ajustes finos de características eletroacústicas da amplificação. No entanto, no caso de neonatos ou adultos em processo de adaptação de próteses auditivas, impossibilitados de responder, além da observação comportamental clínica e relatos subjetivos dos responsáveis, não dispomos de qualquer outro meio objetivo de validação que garanta que ele esteja detectando o som amplificado, em especial do som de fala em intensidades normais de conversação. Diante desse impasse, observou-se um crescente interesse pelos PEAC, revigorado por estudos que demonstravam sua aplicabilidade clínica em quadros variáveis de alterações auditivas, de aprendizagem, mentais e neurológicas⁽⁸⁾.

Estudos recentes^(3,9-12) evidenciam que os PEAC obtidos com estímulo de fala se mostram promissores se utilizados na reabilitação audiológica dos indivíduos pois fornecem informações referentes ao registro objetivo da detecção e processamento do estímulo de fala no córtex auditivo, com ou sem prótese auditiva. A avaliação de respostas corticais traria, portanto, informações preciosas complementares sobre a percepção ou não do som amplificado.

Com base nesses achados, o *National Acoustic Laboratory* (NAL), instituição governamental da Austrália, desenvolveu, ao longo dos últimos anos, um equipamento para a pesquisa de potenciais corticais, nomeado HEARLab[®]. O diferencial desse sistema sobre os similares existentes é que se trata de um equipamento desenvolvido para ser acessível ao uso clínico, que recebeu tecnologias avançadas e diferenciadas capazes de reduzir o registro de ruídos e interferências, maior sensibilidade na captação das respostas e, principalmente, conta com um método exclusivo de detecção estatística e análise automática das respostas, que não requer uma interpretação subjetiva do examinador^(3,10,13,14). Além disso, o equipamento possibilita também a marcação e análise manual das características de latência e amplitude das respostas, igualmente presentes nos equipamentos tradicionais de pesquisa dos PEAC.

A hipótese deste estudo é que seja possível medir com segurança os efeitos da amplificação sonora para estímulos de fala nas medidas corticais por meio de equipamento de análise automática dos PEAC.

No Brasil, não existem estudos com equipamento de análise automática dos PEAC. Desta forma, tem-se como objetivos deste estudo analisar a presença do potencial auditivo cortical e sua concordância com a detecção psicoacústica de sons de fala, bem como a latência dos componentes P1, N1 e P2 apresentados em campo livre em adultos deficientes auditivos com e sem o uso da amplificação.

MÉTODOS

O projeto de pesquisa foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Ciências Médicas da Santa Casa de São Paulo (FCMSCSP) 327/10. Todos os participantes foram

informados sobre os objetivos do estudo e, uma vez concordando com sua participação, assinaram Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

Foram avaliados 22 adultos com perda auditiva bilateral, na faixa etária de 19 a 76 anos, sendo 16 do sexo feminino e 6 do sexo masculino, selecionados do banco de dados da Clínica de Fonoaudiologia da Santa Casa de São Paulo.

Os critérios de inclusão utilizados foram: indivíduos adultos ou idosos, com perda auditiva sensorineural, bilateral, simétrica, de grau moderado a severo, usuários de próteses auditivas bilateralmente há pelo menos um ano. Indivíduos com perda auditiva mista, condutiva e ou unilateral e que apresentassem outras doenças neurológicas ou psiquiátricas não foram incluídos no estudo.

A análise descritiva da casuística quanto à idade, tipo de perda, tempo de uso e características da prótese auditiva está apresentada no Quadro 1.

Para o desenvolvimento da pesquisa, foi utilizado o audiômetro da marca GN Otometrics modelo Itera e o Analisador de orelha média da marca Interacoustics modelo AZ 7R. As audiometrias foram classificadas quanto ao grau como: leve, moderada, moderadamente severa, severa e profunda, segundo o critério de Davis e Silverman⁽¹⁵⁾.

O equipamento HEARLab® foi utilizado na detecção dos potenciais evocados auditivos corticais. O equipamento possui um módulo para avaliar se os sinais de fala produzem uma resposta cortical em usuários de próteses auditivas (ACA – *Aided Cortical Assessment*). Nesse módulo, o equipamento disponibiliza três diferentes estímulos de fala: /m/, /g/ e /t/, selecionados por possibilitarem ênfase espectral em baixas, médias e altas frequências, respectivamente^(3,10,13). Esses fonemas foram extraídos do discurso contínuo de um falante feminino filtrados para coincidir com a média do espectro de longo termo da fala — *International Long Term Average Speech Spectrum (ILTASS)*. Um filtro passa-alto também foi aplicado em 250 Hz nos sons /t/ e /g/ para remover os ruídos de baixas frequências indesejados. Os três sons fornecem informação a respeito da percepção de fala em diferentes regiões de frequências. O equipamento possui três intensidades de teste que são 55, 65 e 75 dBNPS, representando respectivamente os sinais de fraca, média e forte intensidade da fala, apresentados em campo livre por meio de caixa acústica.

O equipamento é dotado de um sistema de análise automática (Análise de Variância Multivariada – *Multivariate Analysis of Variance* – MANOVA) que determina de forma objetiva se uma resposta cortical está presente ou ausente. O nível de

Quadro 1. Características da amostra quanto a idade, sexo, grau da perda e prótese auditiva

Sujeito	Idade	Sexo	Grau de perda	Prótese auditiva		
				Tipo	Modelo	Uso diário (horas)
1	48	F	Moderada	Retro	HIT	12
2	49	F	Moderada/Severa	Retro	NEO 112	12
3	40	F	Moderada	Retro	LNQ65D	12
4	49	F	Moderada/Severa	Intra	Element 8	8
5	36	F	Moderada	Retro	Dual M7	12
6	59	M	Moderada/Severa	Retro	Hit	8
7	42	F	Moderada/Severa	Retro	ZG71D	12
8	19	F	Moderada	Retro	UNA SP AZ	14
9	57	F	Moderada	Retro	A74	12
10	53	M	Severa	Retro	One35	8
11	39	F	Moderada/Severa	Retro	LNQ65D	8
12	59	F	Moderada/Severa	Retro	Hit	10
13	26	F	Moderada/Severa	Intra	Extra 11	8
14	63	M	Moderada/Severa	Retro	LNQ75D	10
15	26	F	Severa	Retro	IDT35	14
16	54	F	Moderada	Retro	Essencial	8
17	25	F	Moderada	Intra	Bravíssimo	10
18	55	M	Moderada/Severa	Retro	NEO 112	12
19	49	M	Moderada	Retro	Dual M7	14
20	56	F	Moderada/Severa	Intra	B2X	12
21	51	M	Moderada	Retro	ZG61D	12
22	76	F	Moderada	Retro	770D	8

Legenda: Retro = retroauricular; Intra = intrauricular; F = feminino; M = masculino

significância (valor de *p*) gerado pelo sistema indica a presença ou ausência da resposta cortical frente a um estímulo sonoro.

Inicialmente, foi preenchido o protocolo de caracterização do participante com dados relativos às informações pessoais gerais, à saúde auditiva e aos aspectos relacionados ao uso da prótese auditiva. Uma vez contemplados os critérios de inclusão e exclusão, era iniciado o protocolo de avaliação.

Todos os participantes passaram pelo mesmo protocolo de avaliação, que incluiu a realização da audiometria tonal liminar por via aérea e óssea, medidas de imitância acústica, verificação do funcionamento adequado das próteses auditivas e registro dos PEAC com e sem prótese auditiva em campo livre.

Precedendo a avaliação da resposta cortical, foi registrada a detecção comportamental para cada um dos estímulos de fala nas mesmas condições de teste aplicadas na avaliação do PEAC.

Após o posicionamento dos eletrodos: Vértex (CZ), Mastoides direita ou esquerda (M1 e M2) e eletrodo terra na Frente (FZ), os participantes foram avaliados em estado de alerta, posicionados a 0° azimute em relação à caixa acústica, distraídos por imagens veiculadas em televisor sem som, em sala climatizada e tratada acusticamente.

Os três estímulos de fala de baixas (/m/), médias (/g/) e altas (/t/) frequências foram apresentados em intensidades decrescentes de 75, 65 e 55 dBNPS inicialmente na condição sem prótese auditiva. A mesma sequência foi adotada para a condição com prótese auditiva que foram verificadas previamente quanto ao seu funcionamento e estavam em sua programação de uso habitual com todos os algoritmos de processamento de sinal ativados.

Sequencialmente, as latências das ondas P1, N1 e P2 foram marcadas manualmente nas respostas consideradas pelo equipamento como presentes ($p < 0,05$), tanto na condição sem como com próteses auditivas. A marcação seguiu a orientação visual fornecida pelo equipamento HEARLab® e confirmadas por um juiz avaliador.

Na análise estatística da amostra, foram utilizados os testes de Mann-Whitney e Wilcoxon e a Análise de Variância com Medidas Repetidas (ANOVA). Em todos os testes, foi utilizado o nível de significância de 0,05 (ou 5%) para rejeição da hipótese de nulidade.

RESULTADOS

A análise automática da presença da resposta cortical pode ser visualizada na Tabela 1. Pode-se observar o aumento da presença de resposta na condição com prótese auditiva. Em todas as apresentações dos sons de fala /m/, /g/ e /t/ na condição com prótese auditiva, o indivíduo referiu a percepção sonora do som. Assim sendo, houve concordância entre a percepção psicoacústica e a detecção automática na proporção da detecção automática da presença de resposta, 91% para os sons médios e agudos e variou de 73 a 86% para o som /m/.

As ondas P1, N1 e P2 nos diferentes sons de fala e intensidades são apresentadas nas Tabelas 2 a 4 (sem prótese auditiva) e nas Tabelas 5 a 7 (com prótese auditiva). Os resultados mostraram que as médias das ondas P1, N1 e P2 diminuíram com o aumento da intensidade e com o uso da prótese auditiva para os três sons /m/, /t/, /g/. As diferenças foram significantes para

os sons /t/ e /g/ na comparação sem e com prótese auditiva e apresentaram tendência à significância para o fonema /m/ na resposta amplificada ($p > 0,06$).

Na Figura 1, pode-se verificar que, na intensidade de 75 dBNPS, as ondas P1, N1 e P2 diminuiu conforme o aumento

Tabela 1. Presença em porcentagem do potenciais evocados auditivos corticais eliciado pelos fonemas /m/, /g/ e /t/ nos níveis de intensidade 55, 65 e 75 dBNPS com e sem prótese auditiva por meio de análise automática

Som	Intensidade (dBNPS)	Presença Sem Prótese (%)	Presença Com Prótese (%)
m	55	50,0	72,7
	65	50,0	86,4
	75	77,3	90,9
g	55	36,4	90,9
	65	54,5	90,9
	75	90,9	90,9
t	55	63,6	90,9
	65	86,4	90,9
	75	81,8	90,9

Tabela 2. Estatísticas descritivas dos componentes P1, N1 e P2 com estímulo de fala /m/ sem o uso de prótese auditiva

Ondas	Intensidade (dBNPS)	Latência (ms)		
		Média (DP)	Mediana	Min – Max
P1	55	77,0 (15,0)	78,5	53 – 102
	65	65,2 (16,8)	68,0	39 – 86
	75	58,2 (15,7)	58,0	31 – 94
/m/ N1	55	114,3 (25,0)	115,5	84 – 168
	65	106,9 (22,3)	111,0	63 – 139
	75	102,9 (20,2)	106,0	61 – 145
P2	55	192,2 (19,6)	197,0	147 – 211
	65	183,0 (11,5)	186,0	166 – 200
	75	179,4 (24,9)	173,0	124 – 271

Legenda: DP = desvio padrão; Mín = mínimo; Máx = máximo

Tabela 3. Estatísticas descritivas dos componentes P1, N1 e P2 com estímulo de fala /t/ sem o uso de prótese auditiva

Ondas	Intensidade (dBNPS)	Latência (ms)		
		Média (DP)	Mediana	Min – Max
P1	55	66,8 (22,7)	57,0	32 – 105
	65	60,3 (19,7)	55,0	31 – 90
	75	47,4 (15,1)	47,0	26 – 76
/t/ N1	55	108,0 (21,1)	109,5	69 – 140
	65	99,0 (20,2)	97,0	67 – 161
	75	86,4 (15,0)	85,0	63 – 110
P2	55	185,3 (20,9)	186,0	143 – 222
	65	175,4 (23,5)	180,0	130 – 214
	75	159,3 (23,0)	166,0	112 – 190

Legenda: DP = desvio padrão; Mín = mínimo; Máx = máximo

Tabela 4. Estatísticas descritivas dos componentes P1, N1 e P2 com estímulo de fala /g/ sem o uso de prótese auditiva

Ondas	Intensidade (dBNPS)	Latência (ms)		
		Média (DP)	Mediana	Min – Max
P1	55	80,3 (39,2)	69,0	30 – 151
	65	55,0 (25,7)	53,0	27 – 127
	75	52,7 (20,7)	50,5	28 – 93
/g/ N1	55	123,5 (42,0)	119,5	81 – 210
	65	92,2 (25,2)	90,5	66 – 155
	75	88,5 (22,2)	86,5	53 – 133
P2	55	186,7 (25,0)	185,0	147 – 235
	65	166,0 (20,0)	168,0	136 – 202
	75	162,9 (22,4)	164,5	126 – 211

Legenda: DP = desvio padrão; Mín = mínimo; Máx = máximo

Tabela 5. Estatísticas descritivas dos componentes P1, N1 e P2 com estímulo de fala /m/ com uso de prótese auditiva

Ondas	Intensidade (dBNPS)	Latência (ms)		
		Média (DP)	Mediana	Min – Max
P1	55	75,0 (19,0)	77,0	43 – 105
	65	62,0 (14,7)	64,0	35 – 85
	75	52,0 (14,0)	53,5	29 – 82
/m/ N1	55	118,0 (17,3)	119,0	87 – 157
	65	109,5 (20,4)	109,0	73 – 153
	75	93,0 (19,7)	96,5	35 – 122
P2	55	191,1 (15,9)	189,0	167 – 225
	65	184,3 (19,1)	184,0	140 – 229
	75	177,5 (39,0)	171,0	49 – 186

Legenda: DP = desvio padrão; Mín = mínimo; Máx = máximo

Tabela 6. Estatísticas descritivas dos componentes P1, N1 e P2 com estímulo de fala /t/ com uso de prótese auditiva

Ondas	Intensidade (dBNPS)	Latência (ms)		
		Média (DP)	Mediana	Min – Max
P1	55	55,8 (17,3)	51,0	24 – 86
	65	49,7 (16,0)	43,5	26 – 85
	75	41,6 (15,0)	38,0	18 – 82
/t/ N1	55	96,9 (21,0)	95,5	65 – 135
	65	87,4 (15,8)	90,0	60 – 111
	75	79,5 (16,7)	82,5	35 – 105
P2	55	176,7 (24,2)	175,5	123 – 227
	65	163,0 (21,5)	171,0	118 – 191
	75	152,0 (29,9)	158,0	50 – 189

Legenda: DP = desvio padrão; Mín = mínimo; Máx = máximo

Tabela 7. Estatísticas descritivas dos componentes P1, N1 e P2 com estímulo de fala /g/ com uso de prótese auditiva

Ondas	Intensidade (dBNPS)	Latência (ms)		
		Média (DP)	Mediana	Min – Max
P1	55	56,0 (16,5)	52,0	30 – 94
	65	49,0 (14,0)	50,0	27 – 74
	75	43,4 (13,0)	46,0	22 – 67
/g/ N1	55	92,3 (13,2)	90,5	70 – 123
	65	87,8 (12,3)	86,0	70 – 107
	75	79,5 (10,0)	78,5	58 – 103
P2	55	171,9 (20,3)	174,0	130 – 201
	65	166,2 (22,2)	162,0	128 – 206
	75	155,9 (22,0)	156,0	115 – 196

Legenda: DP = desvio padrão; Mín = mínimo; Máx = máximo

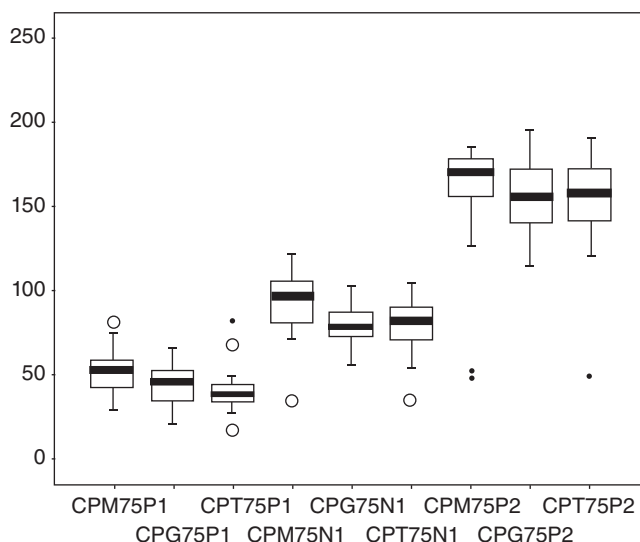
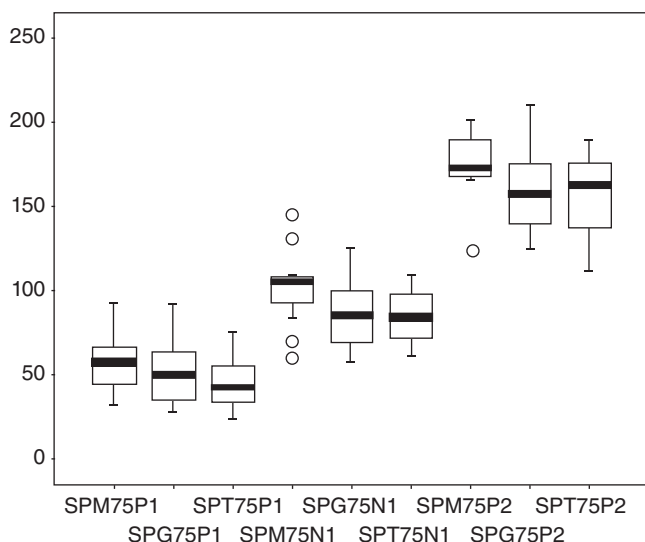


Figura 1. Latência P1, N1 e P2 por som (/m/, /g/, /t/) na intensidade de 75 dBNPS sem e com prótese auditiva

da faixa de frequências do som de fala, ou seja, o som mais agudo /t/ apresentou as menores latências sem e com o uso da prótese auditiva ($p < 0,01$).

DISCUSSÃO

As aplicações do PEAC no diagnóstico audiológico têm vantagens, principalmente pela proximidade de seus geradores com a percepção do som, o que favorece a utilização de sons complexos de fala. As características acústicas dos sons complexos podem estar refletidas na forma e latência desses potenciais e podem, portanto, ser utilizados para determinar a integridade da codificação neural dessas características, contribuindo para a determinação da percepção de fala. Estudos recentes sugerem que consoantes e vogais têm diferentes representações no sistema auditivo central tanto em cobaias⁽¹⁶⁾ quanto em seres humanos⁽¹⁷⁾.

Na presente pesquisa, os resultados com a utilização de fonemas consonantais sugerem que o PEAC pode ser usado como uma ferramenta objetiva na avaliação das características da amplificação e da validação da adaptação de próteses auditivas, possibilitando, assim, a mensuração da audibilidade da amplificação de sons da fala em indivíduos que não possam colaborar, o que é também afirmado por outros autores^(3,9,10,18-21) que demonstraram que a utilização de amplificação aumentou a presença de respostas mensuráveis corticais (Tabela 1).

Segundo Purdy et al.⁽⁷⁾, se a prótese auditiva permite que os sons de fala gerem respostas corticais, então a presença de respostas corticais fornecem evidências de que os sons de fala recebidos via amplificação foram detectados. Além disso, o registro das latências do PEAC pode ser utilizado para acompanhar crianças com deficiência auditiva usuárias de próteses auditivas ou implantes cocleares em ambiente clínico, evidenciando o desenvolvimento da via auditiva por meio das mudanças de latência desses potenciais^(8,21).

Efeito da intensidade versus amplificação

Na literatura, já é bem demonstrado o efeito de intensidade, isto é, quando se aumenta a intensidade do estímulo, o pico das latências dos componentes torna-se mais curto, significando um decréscimo do tempo da condução neural, e ocorre um aumento da amplitude, representando um aumento da força da resposta⁽²²⁾.

A diminuição da latência dos componentes P1, N1 e P2 com o uso da prótese auditiva também é esperada. Parece que tal efeito ocorre independentemente se o som é apresentado em campo livre, na condição sem ou com prótese auditiva. Entretanto, o efeito da amplificação sonora não é tão evidente. Tal fato poderia ser justificado pelo fato de que a amplificação sonora não tem o mesmo efeito que o aumento real na intensidade sonora. A prótese auditiva modifica as características do estímulo e também a relação sinal/ruído, o que pode afetar a captação dos potenciais evocados auditivos^(11,23,24). Esses achados reforçam a importância de controlar as características da prótese auditiva e os níveis de intensidade do estímulo quando se avalia o indivíduo utilizando uma

prótese auditiva. Ao testar o mesmo indivíduo em diferentes sessões de avaliação ou mesmo ao comparar a resposta de indivíduos, deve-se destacar os diferentes ajustes de ganho da prótese auditiva.

Nossos resultados mostraram que a média de redução da presença de resposta na condição com amplificação foi significativamente menor para o fonema /m/ do que para os fonemas /g/ e /t/. Os achados obtidos corroboraram a literatura⁽¹⁹⁾, que também mostraram que houve respostas significativamente mais presentes no PEAC para os fonemas /g/ e /t/ com o uso da prótese auditiva. Para o fonema /m/, não houve aumento significativo da resposta amplificada, com menor número de respostas geradas na condição amplificada. Uma possível explicação pode ser devido à menor amplificação prescrita pela regra em baixas frequências^(5,25).

Além disso, a análise dos valores da latência para a intensidade de 75 dBNPS parece evidenciar que há um aumento de latência para os sons mais graves, amplificados ou não (Figura 1). A organização tonotópica é expressa em toda via auditiva⁽²⁶⁾ e poderia explicar esse efeito que ainda não é descrito na literatura e poderá ser investigado em novos estudos com a ampliação do uso de sons de fala nos exames eletrofisiológicos. O uso dos potenciais corticais se mostram adequados para a avaliação da amplificação por inúmeros motivos, em especial, pela possibilidade de se utilizar sons de fala; pela maior duração do espectro desses sons de fala que permitem que o estímulo amplificado tenha um desempenho similar ao do seu funcionamento na vida real; por representar a detecção do som ao longo de toda a via auditiva, podendo ser afetada por todas as partes do sistema auditivo, assim como por toda a faixa resposta de ganho e frequência da prótese auditiva^(7,10).

A possibilidade de utilizar um método objetivo no julgamento da presença ou ausência do PEAC incrementará a utilização clínica desse potencial. Os nossos resultados mostraram que a utilização da análise automática das respostas corticais disponibilizada pelo equipamento revelou uma concordância entre a percepção psicoacústica do som e o registro da resposta cortical amplificada em 91% das apresentações, exceto para o som /m/ (73–86%). Estudos recentes realizados com a aplicação desse tipo de análise e equipamento em população de adultos e crianças^(3,13) mostraram que os resultados obtidos com a análise automatizada de respostas foram pelo menos equivalentes, quando não superior, ao julgamento das respostas realizadas por um técnico humano experiente.

Assim, a utilização do PEAC no protocolo de adaptação de próteses auditivas, com o propósito de validação da amplificação, se justifica por caracterizar uma medida objetiva de que o estímulo de fala amplificado é capaz de desencadear resposta neural no córtex auditivo e, portanto, capaz de ser percebido⁽⁷⁾. Os resultados deste estudo confirmam o uso dos PEAC como valiosa ferramenta clínica na verificação de próteses auditivas em indivíduos difíceis de serem testados, como é o caso de crianças, adultos ou idosos impossibilitados de responder. Além disso, para efeitos de monitoramento audiológico, os PEAC podem ser repetidos em diferentes momentos para documentar a mudança de latência^(27,28).

CONCLUSÃO

Houve aumento da presença do potencial evocado auditivo cortical na condição com prótese auditiva; a detecção automática da presença de resposta cortical na condição com prótese auditiva apresentou concordância com a percepção psicoacústica do sinal de fala em 91% das apresentações para os sons de médias e altas frequências e observou-se o efeito da intensidade nas condições sem e com prótese auditiva com a diminuição das latências dos componentes P1, N1 e P2, tanto com o aumento da intensidade do sinal como com o uso da amplificação para os três estímulos de fala /m/, /g/ e /t/.

**SC, NC, BP e NG foram responsáveis pela coleta e tabulação dos dados; ASD, MBW e KA colaboraram e supervisionaram a coleta e tabulação dos dados e com a análise dos dados; ASD foi responsável pelo projeto e delimitação do estudo e orientação geral das etapas de execução e elaboração do manuscrito.*

REFERÊNCIAS

- Hall JW. New handbook of auditory evoked responses. Boston: Pearson, Allyn and Bacon; 2007.
- Näätänen R, Picton T. The N1 wave of the human electric and magnetic response to sound: a review and an analysis of the component structure. *Psychophysiology*. 1987;24(4):375-425.
- Golding M, Dillon H, Seymour J, Carter L. The detection of adult cortical auditory evoked potentials (CAEPs) using an automated statistic and visual detection. *Int J Audiol*. 2009;48(12):833-42.
- Campbell K, Colrain I. Event-related potential measures of the inhibition of information processing: II. The sleep onset period. *Int J Psychophysiol*. 2002;46(3):197-214.
- Ching T, Dillon H. Prescribing amplification for children: adult-equivalent hearing loss, real-ear aided gain, and NAL-NL1. *Trends Amplif*. 2003;7(1):1-9.
- Dillon H. So, baby, how does it sound? Cortical assessment of infants with hearing aids. *Hear J*. 2005;58(10):10-7.
- Purdy SC, Katsch R, Dillon H, Storey L, Sharma M. Aided cortical auditory evoked potentials for hearing instrument evaluation in infants. In: Seewald RC, Bamford JM, editors. *A Sound Foundation through Early Amplification*. Proceedings of the Third International Conference; 2005. Stafa, Switzerland: Phonak AG; 2005. p. 115-27.
- Sharma A, Dorman MF, Spahr AJ. 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(6):532-9.
- Carter L, Dillon H, Seymour J, Seeto M, Van Dun B. Cortical auditory-evoked potentials (CAEPs) in adults in response to filtered speech stimuli. *J Am Acad Audiol*. 2013;24(9):807-22.
- Van Dun B, Carter L, Dillon H. Sensitivity of cortical auditory evoked potential (CAEP) detection for hearing-impaired infants in response to short speech sounds. *Audiol Res*. 2012;2(13):65-76.
- Billings CJ, Tremblay KL, Souza PE, Binns MA. Effects of hearing aid amplification and stimulus intensity on cortical auditory evoked potentials. *Audiol Neurootol*. 2007;12(4):234-46.
- Souza P, Tremblay K. New perspectives on assessing amplification effects. *Trends Amplif*. 2006;10(3):119-43.
- Carter L, Golding M, Dillon H, Seymour J. The detection of infant cortical auditory evoked potentials (CAEPs) using statistical and visual detection techniques. *J Am Acad Audiol*. 2010;21(5):347-56.
- Munro KJ, Purdy SC, Ahmed S, Begum R, Dillon H. Obligatory cortical auditory evoked potential waveform detection and differentiation using a commercially available clinical system: HEARLab™. *Ear Hear*. 2011;32(6):782-6.
- Davis H, Silverman SR. Auditory Test Hearing Aids. In: Davis H, Silverman SR, editors. *Hearing and deafness*. Holt: Rinehart and Winston Hearing and Deafness; 1970.
- Perez CA, Engineer CT, Jakkamsetti V, Carraway RS, Perry MS, Kilgard MP. Different timescales for the neural coding of consonant and vowel sounds. *Cereb Cortex*. 2013;23(3):670-83.
- Kuuluvainen S, Nevalainen P, Sorokin A, Mittag M, Partanen E, Putkinen V, et al. The neural basis of sublexical speech and corresponding nonspeech processing: a combined EEG-MEG study. *Brain Lang*. 2014;130:19-32.
- Golding M, Dillon H, Seymour J, Purdy SC, Katsch R. Obligatory Cortical Auditory Evoked Potentials (CAEPs) in infants — a five year review. National Acoustic Laboratories Research & Development Annual Report 2005/2006. Chatswood, New South Wales, Australia: Australian Hearing; 2006.
- Chang HW, Dillon H, Carter L, van Dun B, Young ST. The relationship between cortical auditory evoked potential (CAEP) detection and estimated audibility in infants with sensorineural hearing loss. *Int J Audiol*. 2012;51(9):663-70.
- 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.
- 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.
- Adler G, Adler J. Influence of stimulus intensity on AEP components in the 80-to 200 – millisecond latency range. *Audiology*. 1989;28(6):316-24.
- Billings CJ, Tremblay KL, Miller CW. Aided cortical auditory evoked potentials in response to changes in hearing aid gain. *Int J Audiol*. 2011;50(7):459-67.
- Tremblay KL, Kalstein L, Billings CJ, Souza PE. The neural representation of consonant-vowel transitions in adults who wear hearing aids. *Trends Amplif*. 2006;10(3):155-62.
- Dillon H. *Hearing aids*. Sydney: Boomerang Press; 2001.
- Van Dijk P, Langers DR. Mapping tonotopy in human auditory cortex. *Adv Exp Med Biol*. 2013;787:419-25.
- 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 Otorrinolaryngol*. 2013;79(3):336-41.
- Campbell JD, Cardon G, Sharma A. Clinical Application of the P1 Cortical Auditory Evoked Potential Biomarker in Children with Sensorineural Hearing Loss and Auditory Neuropathy Spectrum Disorder. *Semin Hear*. 2011;32(2):147-55.