

CARACTERIZAÇÃO DOS POTENCIAIS EVOCADOS AUDITIVOS CORTICAIS EM INDIVÍDUOS COM LONGO TEMPO DE USO DO IMPLANTE COCLEAR

Data de submissão: 05/01/2023

Data de aceite: 01/03/2023

Raquel Caroline Ferreira Lopes Fontanelli

Departamento de Fonoaudiologia da
Faculdade de Odontologia de Bauru,
Universidade de São Paulo,
Bauru (SP), Brasil
<http://lattes.cnpq.br/9156071733568410>
ORCID: 0000-0001-6420-1133

Kátia de Freitas Alvarenga

Departamento de Fonoaudiologia da
Faculdade de Odontologia de Bauru,
Universidade de São Paulo,
Bauru (SP), Brasil
<http://lattes.cnpq.br/1347210433299192>
ORCID: 0000-0002-7847-3225

Raquel Sampaio Agostinho

Departamento de Fonoaudiologia da
Faculdade de Odontologia de Bauru,
Universidade de São Paulo,
Bauru (SP), Brasil
<http://lattes.cnpq.br/3112316294687045>
ORCID: 0000-0003-2267-5837

Adriane Lima Mortari Moret

Departamento de Fonoaudiologia da
Faculdade de Odontologia de Bauru,
Universidade de São Paulo,
Bauru (SP), Brasil
<http://lattes.cnpq.br/1354208872505523>
ORCID: 0000-0002-1776-9209

Orozimbo Alves Costa Filho

Centro de Pesquisas Audiológicas do
Hospital de Reabilitação de Anomalias
Craniofaciais, Universidade de São Paulo,
Bauru (SP), Brasil
<http://lattes.cnpq.br/8307997393254775>
ORCID: 0000-0002-4781-6096

RESUMO: **Objetivos:** Caracterizar o componente P_1 dos potenciais evocados auditivos corticais em indivíduos com longo tempo de uso do implante coclear e correlacioná-los com o desempenho da percepção da fala. **Metodologia:** Participaram deste estudo 30 usuários de implante coclear implantados na idade de dois a quatro anos, de ambos os sexos, com tempo de uso variando entre seis a 14 anos. Os potenciais evocados auditivos corticais foram pesquisados com o estímulo de fala / da/ e avaliada a percepção da fala com lista de sentenças, realizados em campo livre. **Resultados:** O componente P_1 foi registrado em todos os indivíduos avaliados, com valores médios latência em $131,87 \pm 34,46$ ms e amplitude $2,42 \pm 1,46 \mu V$, com redução da latência ($p=0,539$) e o aumento da amplitude ($p=0,297$), observados com o aumento da idade. O desempenho na percepção da fala,

classificados pela pontuação comportamental, correlacionado com a média da latência do P₁ ($p=0,753$) e da amplitude ($p=0,399$), demonstraram ausência de correlação entre melhores e piores desempenho. **Conclusão:** A presença do componente P₁ em usuários de implante coclear demonstra a restauração da capacidade de ouvir, com isso o padrão maturacional do potencial cortical segue o curso semelhante ao da criança ouvinte, porém com um atraso na latência e diminuição da amplitude e mesmo após longo período de uso do implante coclear, o componente P₁ não é um preditor único do desempenho na percepção de fala.

PALAVRAS-CHAVE: Potenciais Evocados Auditivos. Implante Coclear. Efeito Idade.

CHARACTERIZATION OF CORTICAL AUDITORY EVOKED POTENTIALS IN INDIVIDUALS WITH LONG-TERM USE OF COCHLEAR IMPLANTS

ABSTRACT: Objectives: To characterize the P1 component of cortical auditory evoked potentials in individuals with long-term cochlear implant use and to correlate them with speech perception performance. **Methodology:** Thirty users of cochlear implants implanted at the age of two to four years, of both genders, with use time ranging from six to 14 years, participated in this study. The cortical auditory evoked potentials were investigated with the speech stimulus /da/ and speech perception was evaluated with a list of sentences, performed in free field.

Results: The P1 component was recorded in all assessed individuals, with mean latency values of 131.87 ± 34.46 ms and amplitude 2.42 ± 1.46 μV, with latency reduction ($p=0,539$) and amplitude increase ($p=0,297$), observed with increasing age. Performance in speech perception, classified by behavioral score, correlated with the mean P1 latency ($p=0,753$) and amplitude ($p=0,399$), showed no correlation between better and worse performance.

Conclusion: The presence of the P1 component in cochlear implant users demonstrates the restoration of the ability to hear, with this the maturational pattern of the cortical potential follows a course similar to that of the hearing child, however with a delay in latency and a decrease in amplitude and even after long period of cochlear implant use, the P1 component is not a single predictor of performance in speech perception.

KEYWORDS: Auditory Evoked Potentials. Cochlear Implant. Age Effect.

INTRODUÇÃO

O mecanismo da audição compreende a transdução do estímulo acústico em impulsos neurais pela orelha interna, a transmissão desses impulsos por uma rede neural até o córtex cerebral e o registro perceptual com posterior elaboração cognitiva do sinal acústico (BONALDI, 2011). Desta forma, a mensagem sonora torna-se consciente e compreensível. Ao contrário da porção periférica do sistema auditivo (cóclea), as estruturas centrais (nervo, tronco encefálico e córtex) passarão pelo processo maturacional, ocorrendo desde primeiros os meses de vida até a adolescência, decorrente da estimulação auditiva.

A função do implante coclear (IC) é converter a energia sonora em baixos níveis de corrente elétrica, para estimulação direta das fibras nervosas, remanescentes do nervo auditivo (YOON, 2011), ultrapassando as células ciliadas lesionadas na orelha interna (BEITER & SHALLOP, 1998; COSTA FILHO, 2008).

Estudos foram desenvolvidos para avaliar os resultados da percepção auditiva dos sons da fala e da aquisição da linguagem oral em crianças submetidas à cirurgia de IC, sendo constatados resultados excelentes a outros com desempenho limitado (MOOG & GEERS, 1999; NASCIMENTO & BEVILACQUA, 2005; DESJARDIN *et al.*, 2009; SPENCER & TOMBLIN, 2009; DAVIDSON *et al.*, 2011; GANEK *et al.*, 2012).

Os principais aspectos apontados para justificar estes resultados são a idade na cirurgia, o tempo de privação sensorial auditiva, tempo de uso do IC, processo terapêutico e envolvimento familiar (GEERS, 2002; ZWOLAN *et al.*, 2004; MORET *et al.*, 2007; HAYES *et al.*, 2009; PETERSON *et al.*, 2010; ANGELO *et al.*, 2010; MARKMAN *et al.*, 2011; BOONS *et al.*, 2012; TANAMATI, 2012). Contudo, a plasticidade neural é mais intensa nos primeiros anos de vida, considerado o período sensível para a reabilitação auditiva (SHARMA *et al.*, 2005), e diminui com a idade.

Assim, o componente P₁ tem sido considerado um biomarcador do desenvolvimento das estruturas do sistema auditivo em crianças ouvintes ou deficientes auditivas usuárias de IC (SHARMA *et al.*, 2002; SHARMA *et al.*, 2004; PONTON *et al.*, 1996), com exceção das crianças que receberam o IC em idades mais avançadas (SHARMA *et al.*, 2005; GILLEY *et al.*, 2008).

Dentro deste contexto, estudos foram realizados durante os primeiros anos de uso do IC, e demonstraram a correlação negativa da latência e amplitude dos Potenciais Evocados Auditivos Corticais (PEAC) com o desempenho da percepção da fala nas crianças usuárias de IC (BEYNON *et al.*, 2002; MAURER *et al.*, 2002; SHARMA *et al.*, 2004; GORDON *et al.*, 2005; KELLY *et al.*, 2005; ROMAN *et al.*, 2005; GORDON *et al.*, 2008; KURNAZ *et al.*, 2009; MCNEILL *et al.*, 2009).

Desta forma, a compreensão dos fatores neurobiológicos e cognitivos, que contribuem para um resultado favorável após o IC, permitiria a predição dos resultados esperados para um paciente (PETERSON *et al.*, 2010), o que forneceria subsídios para maximizar os benefícios do IC.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo foi realizado na Sessão de Implante Coclear – CPA/HRAC - USP com a aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa da Instituição, processo 042/2011 e financiamento da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo.

Participaram deste estudo 30 usuários de IC, compondo o grupo experimental, que foram implantados na idade de um a cinco anos, de ambos os sexos, com tempo de uso do dispositivo variando entre seis a 14 anos, apresentados na Tabela 1. A abordagem terapêutica informada pelos pais foi a aurioral em todos os indivíduos.

ID	Implante Coclear	Processador	Estratégia	Idade Ativação	Idade Cronológica	Tempo de Uso
1	<i>Nucleus 24k</i>	<i>Freedom</i>	<i>ACE</i>	2a5m	12	9
2	<i>Nucleus 24k</i>	<i>Freedom</i>	<i>ACE</i>	3a10m	17	13
3	<i>Nucleus 24k</i>	<i>Freedom</i>	<i>ACE</i>	3a3m	16	13
4	<i>Nucleus 24k</i>	<i>Freedom</i>	<i>ACE</i>	2a7m	12	9
5	<i>Nucleus 24k</i>	<i>Freedom</i>	<i>ACE</i>	1a4m	8	6
6	<i>Nucleus 24k</i>	<i>Freedom</i>	<i>ACE</i>	3a11m	10	7
7	<i>Nucleus 24k</i>	<i>Freedom</i>	<i>ACE</i>	3a4m	17	14
8	<i>Nucleus 24k</i>	<i>Freedom</i>	<i>ACE</i>	2a8m	12	9
9	<i>Nucleus 24k</i>	<i>Freedom</i>	<i>ACE</i>	3a2m	10	7
10	<i>Nucleus 24k</i>	<i>Freedom</i>	<i>ACE</i>	1a10m	11	7
11	<i>Nucleus 24k</i>	<i>Freedom</i>	<i>ACE</i>	1a2m	10	9
12	<i>Nucleus 24k</i>	<i>Freedom</i>	<i>ACE</i>	3a2m	10	7
13	<i>Nucleus 24k</i>	<i>Freedom</i>	<i>ACE</i>	2a6m	8	6
14	<i>Nucleus 24k</i>	<i>Freedom</i>	<i>ACE</i>	2a2m	9	7
15	<i>Nucleus 24k</i>	<i>Freedom</i>	<i>ACE</i>	3a4m	10	7
16	<i>Nucleus 24k</i>	<i>Freedom</i>	<i>ACE</i>	3a7m	10	6
17	<i>Nucleus 24k</i>	<i>Freedom</i>	<i>ACE</i>	2a4m	10	8
18	<i>Nucleus 24k</i>	<i>Freedom</i>	<i>ACE</i>	2a7m	9	7
19	<i>Nucleus 24k</i>	<i>Freedom</i>	<i>ACE</i>	2a7m	12	9
20	<i>Nucleus 24k</i>	<i>Freedom</i>	<i>ACE</i>	3a9m	17	13
21	<i>Nucleus 24k</i>	<i>Freedom</i>	<i>ACE</i>	2a	8	6
22	<i>Nucleus 24k</i>	<i>Freedom</i>	<i>ACE</i>	3a11m	10	6
23	<i>Nucleus 24k</i>	<i>Freedom</i>	<i>ACE</i>	3a5m	10	6
24	<i>Nucleus 24k</i>	<i>Freedom</i>	<i>ACE</i>	2a10m	9	7
25	<i>MedEl C40+</i>	<i>Tempo +</i>	<i>CIS+</i>	3a1m	15	12
26	<i>MedEl C40+</i>	<i>Tempo +</i>	<i>CIS+</i>	1a11m	14	12
27	<i>MedEl C40+</i>	<i>Tempo +</i>	<i>CIS+</i>	3a1m	15	12
28	<i>MedEl C40+</i>	<i>Tempo +</i>	<i>CIS+</i>	2a10m	15	11
29	<i>MedEl C40+</i>	<i>Tempo +</i>	<i>CIS+</i>	4a4m	16	12
30	<i>MedEl C40+</i>	<i>Tempo +</i>	<i>CIS+</i>	2a10m	9	6

Legenda: ID: identificação; a: anos; m: meses.

Tabela 1. Caracterização do grupo experimental quanto ao tipo de implante coclear, processador de fala, estratégia de processamento do sinal acústico, idade de ativação do dispositivo, idade cronológica e tempo de uso em anos.

Como critério de inclusão, os pacientes portadores de deficiência auditiva sensorial congênita, submetidos à cirurgia de IC de acordo com critérios institucionais de seleção

(BEVILACQUA & MORET, 2005), que realizam o acompanhamento no centro, com a contínua atualização de mapeamentos e de componentes do IC. Foram descartados pacientes com diagnóstico de Desordem do Espectro da Neuropatia Auditiva e/ou hipoplasia do nervo auditivo. O grupo controle foi constituído por crianças com idade de quatro a 12 anos, do sexo feminino e masculino. Como critério de inclusão, foi adotada a obtenção de limiares auditivos nas frequências de 500 a 4000 Hz iguais ou inferiores a 15 dB NA, de acordo com o critério de normalidade proposto por Northern e Downs (NORTHERN & DOWNS, 2002).

A avaliação da percepção da fala e pesquisa dos PEAC, foram realizados com o processador programado no mapa mais utilizado pelo indivíduo no último retorno. No caso de indivíduos usuários de AASI, na orelha contralateral, foi solicitada a retirada do mesmo.

A pesquisa dos PEAC foi realizada baseada na metodologia proposta por Ventura (2009), na qual o aparelho utilizado foi o *Smart EP USB Jr* da *Intelligent Hearing Systems*, de dois canais, o que possibilita o registro do PEA (canal A), assim como o controle da interferência dos movimentos oculares e piscada no registro (canal B). No canal A, o eletrodo ativo posicionado em Cz conectado na entrada (+) do pré-amplificador e o eletrodo de referência posicionado na mastoide contralateral à orelha com o IC (M1/M2) (GUIRAUD *et al.*, 2007) e conectado na entrada (-). No canal B, o eletrodo ativo é colocado na posição supra orbital contralateral ao lado do IC conectado na entrada (+) do pré-amplificador e o eletrodo de referência, na posição infra orbital desse mesmo lado, conectado na entrada (-). O eletrodo terra, posicionado em Fpz, foi conectado na posição *ground*. A determinação da amplitude da piscada delimitou o nível de rejeição utilizado em cada exame, eliminando a interferência da mesma no registro. Foram utilizados eletrodos descartáveis para ECG da marca MEDITRACE™ 200, com pasta condutiva para EEG da marca Tem 20™, que foram colocados após a limpeza da pele do indivíduo com Gel Abrasivo para ECG/EEG da marca NUPREP. O nível de impedância foi mantido entre um e três Kohms para os eletrodos. O estímulo utilizado foi o de fala /da/, com duração de 180 ms, do *software* do *Smart EP USB Jr* da *Intelligent Hearing Systems*.

Como parâmetros de estimulação os estímulos de fala foram apresentados com 526ms de intervalo interestímulo, na intensidade de 70 dB NA, taxa de apresentação de 1,9 estímulos por segundo. Foi utilizado filtro passa-banda de 1 a 30 Hz, ganho de 100.000 nos dois canais, promediação de duas séries de 150 estímulos e a janela de análise da resposta de -100ms pré-estímulo e 500ms pós-estímulo. O procedimento foi realizado em campo livre, calibrado em dB NA, com a caixa posicionada a 90° azimute, a 40cm de distância da orelha implantada. Utilizou-se um amplificador de potência, com saída de 30 Watts RMS, em conjunto com uma caixa acústica de 50 Watts RMS, sobre um tripé. Na entrada de sinal do amplificador, entrada passiva, foi instalado um transformador isolador com impedância de entrada de 440Ohms e a saída com 5kOhms para o amplificador. Durante a realização do exame, o indivíduo permaneceu sentado confortavelmente em uma cadeira, assistindo a um vídeo mudo, com orientações em permanecer relaxado e não dormir.

Foram analisadas a amplitude e latência do componente P_1 . A variável amplitude foi determinada como a diferença entre o ponto correspondente a $0,0 \mu\text{V}$ (linha de base do registro) e o valor máximo positivo ou negativo, sendo marcado o ponto de máxima amplitude (Figura 1). Os registros foram analisados por dois avaliadores, a fim de verificar a concordância das análises.

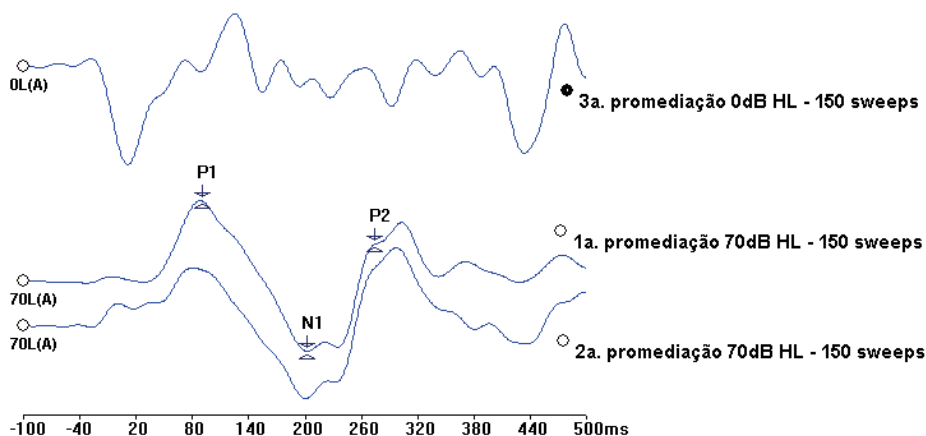


Figura 1. Registro do complexo P_1 - N_1 - P_2 dos Potenciais Evocados Auditivos Corticais em duas apresentações de 150 promediações na intensidade de 70 dB NA e uma em 0 dB NA, obtido no indivíduo 8, usuário de implante coclear *Nucleus 24k*, processador *Freedom*, estratégia *ACE*, implantado com dois anos e oito meses, com tempo de uso do IC de nove anos.

A avaliação da percepção da fala foi realizada no grupo experimental, com a lista de sentenças elaboradas por Valente (1998), das quais foram utilizadas as listas dois e três. Cada lista é composta por 20 sentenças, formadas por períodos simples, contendo de quatro a oito vocábulos fonológicos, com 100 palavras-chave. As sentenças foram apresentadas em campo livre a 0° azimute, na intensidade fixa de 70 dB NA, com o indivíduo a um metro do alto-falante. O *VU meter* do aparelho foi calibrado por meio de um tom puro de 1k Hz. Os procedimentos de percepção da fala foram realizados em cabina acústica de 2m x 2m. Foi solicitado que o indivíduo repetisse a sentença e o resultado foi baseado no número de palavras-chave identificadas e repetidas corretamente. A análise do percentual de acerto foi realizada por meio do cálculo, no qual o número de acerto das palavras foi multiplicado por cem.

Na realização da avaliação da percepção de fala, foi utilizado o audiômetro de dois canais “*Midimate 622 – Madsen Eletronics*”, conectado a um amplificador em campo livre e uma caixa acústica. As sentenças foram apresentadas utilizando um reproduzidor de CD “*Teac PD-P30 – Compact disc digital audio*”, acoplado a um canal do audiômetro, apresentados em campo livre.

A análise descritiva dos dados foi apresentada por meio da média, desvio padrão e

valores mínimos e máximos. Foi utilizado o teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov (CHAKRAVARTI *et al.*, 1967), demonstrando a possibilidade de utilização de testes paramétricos. Para a comparação dos resultados entre os grupos controle e experimental, foram utilizados os Teste T e o Teste de Mann-Whitney. Foi adotado como nível de significância $p \leq 0,05$.

RESULTADOS

A análise descritiva do tempo de uso, idade na cirurgia, percepção de fala, latência (ms) e amplitude (μV) do componente P_1 , dos indivíduos do grupo experimental e grupo controle foram apresentadas na Tabela 2.

	Tempo de uso	Idade na Cirurgia	Percepção de fala	Latência P_1		Amplitude P_1	
				GE	GC	GE	GC
Média	8 a 7 m	2 a 4 m	70%	131,87	88,40	2,42	3,69
DP	2 a 6 m	7 m	17%	34,46	17,38	1,46	1,58
Mínimo	6 a	1 a 2 m	37%	67,0	57,0	0,26	1,46
Máximo	14 a	4 a 4 m	97%	202,0	142,0	5,92	8,59
Mediana	7 a 5 m	2 a 10m	73%	134,0	85,0	2,01	3,23

Legenda: GE: Grupo Experimental; GC: Grupo Controle; a: anos; m: meses.

Tabela 2. Análise descritiva do tempo de uso, idade na cirurgia, percepção de fala, latência (ms) e amplitude (μV) do componente P_1 para os grupos experimental e controle.

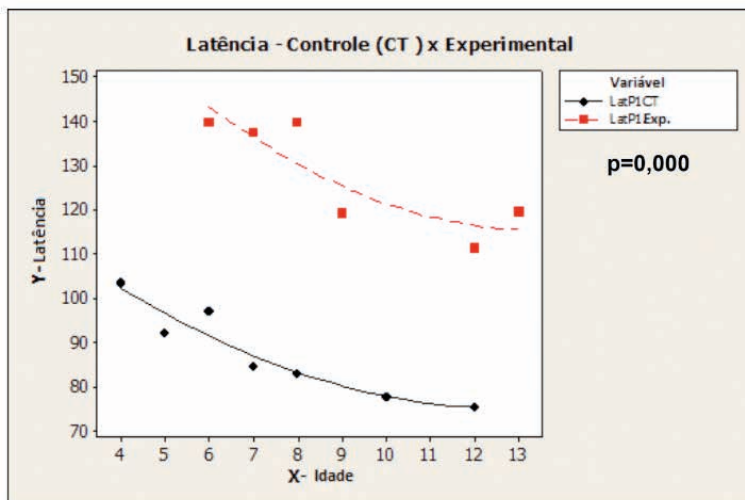


Gráfico 1. Comportamento da latência (ms) do componente P_1 , de acordo com as idades, para os grupos controle e experimental.

Os gráficos 1 e 2 apresentam o comportamento da latência e amplitude do componente

P₁, de acordo com as médias das idades, para os grupos controle e experimental, foi observada uma redução significativa equivalente ao grupo controle, entre os grupos foram observados correlação significativa com a latência ($p=0,000$) e a amplitude ($p=0,001$).

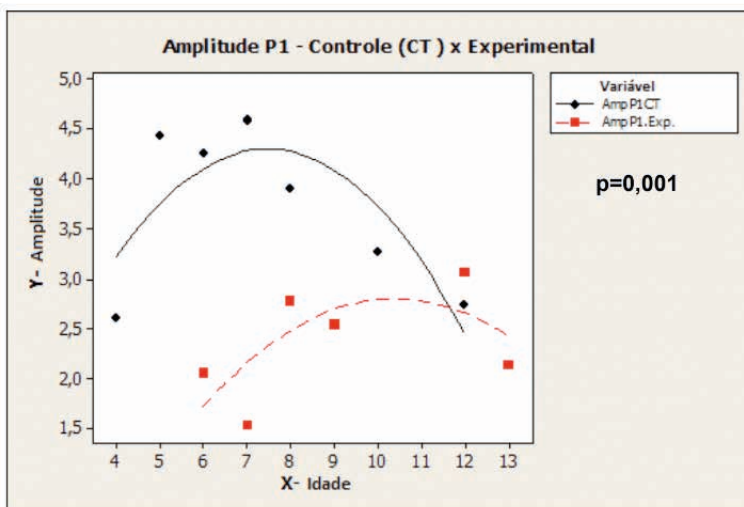


Gráfico 2. Comportamento da amplitude (μV) do componente P₁, de acordo com as idades, para os grupos controle e experimental.

O componente P₁ foi identificado em todos os indivíduos deste estudo. Foi observado ausência de correlação quando analisado os indivíduos do grupo experimental de acordo com a idade na cirurgia e a latência ($p=0,359$), e quanto a amplitude ($p=0,704$); de acordo com o tempo de uso e a latência ($p=0,539$), assim como a amplitude ($p=0,297$); o desempenho no teste de percepção da fala com a latência ($p=0,753$) e a amplitude ($p=0,399$); quanto ao desempenho nos testes de percepção da fala com o tempo de uso do IC ($p=0,297$).

DISCUSSÃO

O sistema nervoso auditivo apresenta mudanças fisiológicas que refletem o processo maturacional das vias auditivas frente à estimulação acústica, que podem ser observadas por meio do registro dos PEAC. Caracteristicamente, no decorrer deste processo, observa-se diminuição da latência e aumento da amplitude, devido à mielinização e definição das sinapses neurais. O processo de maturação é estímulo-dependente. Sendo assim, durante o período de privação sensorial decorrente da perda auditiva, ocorre a reorganização das estruturas neurais, ou seja, estruturas primariamente auditivas são apropriadas por outra função sensorial, como, por exemplo, a visão. Com o restabelecimento da audição, por meio do IC, ocorre o redirecionamento das estruturas neurais para sua função primária parcial ou totalmente. Isto porque, a plasticidade neuronal ocorre ao longo da vida do indivíduo;

no entanto, com o passar dos anos, há uma redução nesta capacidade proporcionando um redirecionamento não efetivo.

Estudos realizados com indivíduos com deficiência auditiva congênita, usuários de IC, demonstraram que o processo maturacional do sistema auditivo central inicia-se no momento em que a energia elétrica é oferecida pelo dispositivo diretamente ao nervo auditivo, com o registro do componente P_1 imediatamente após a ativação (SHARMA *et al.*, 2002; KELLY *et al.*, 2005; GILLEY *et al.*, 2008; SHARMA *et al.*, 2009; KRAL & SHARMA, 2012). Estes achados enfatizam que a maturação de parte do córtex auditivo associado à geração do PEAC, mais especificamente o componente P_1 , não acompanha um curso autônomo na ausência da entrada auditiva (SINGH *et al.*, 2004), mas com o restabelecimento da audição, a maturação evolui de acordo com o tempo de uso do IC. Os resultados demonstraram que a latência do componente P_1 diminui com a idade seguindo um curso semelhante ao dos indivíduos ouvintes; no entanto, com valores de latência aumentados (Gráfico 1), o que corrobora com os estudos desenvolvidos por PONTON *et al.*, (1996), PONTON & EGGERMONT (2001), SINGH *et al.* (2004). Da mesma forma, a amplitude do componente P_1 mostrou-se menor no grupo experimental (Gráfico 2), o que demonstra que a maturação ocorre aquém do esperado, porém segue o mesmo curso no qual a amplitude chega a um valor máximo, com posterior declínio. Neste sentido, é preciso considerar que a criança ouvinte está 24 horas por dia em contato com o ambiente auditivo, ao contrário da criança com DA que desliga o seu dispositivo em diversas situações, como por exemplo, ao dormir ou em atividades de lazer em que o uso do IC não seja possível. Assim, é possível considerar que o padrão maturacional do sistema auditivo que é estímulo-dependente como discutido anteriormente, este sofre o impacto adicional destes períodos de privação sensorial, o que pode justificar a diferença na latência e amplitude do componente P_1 .

Evidências (PONTON *et al.*, 1996; PONTON & EGGERMONT, 2001; SHARMA *et al.*, 2002; KELLY *et al.*, 2005; SHARMA *et al.*, 2005; GILLEY *et al.*, 2008; SHARMA *et al.*, 2009; KRAL & SHARMA, 2012; WUNDERLICH *et al.*, 2006) demonstraram que o padrão de maturação é dependente do tempo de privação sensorial, aspecto que incide nos resultados de desenvolvimento do córtex auditivo. De acordo com os achados de Sharma *et al.* (2005), o período sensível para indicação do IC que possibilita o desenvolvimento biológico, cognitivo e de linguagem oral como de uma criança ouvinte é até a idade de três anos e cinco meses, com limitação a partir de sete anos. Na idade intermediária (entre os 3,5 anos e 7 anos), os autores constataram que os resultados podem ser muito variáveis, mesmo seguindo os critérios multifatoriais de indicação.

Neste estudo, as crianças foram submetidas à cirurgia nas idades entre um ano e um mês a quatro anos e quatro meses (Tabela 2), sendo que 24 crianças se encontravam no período considerado sensível (1,1 a 3,5 anos) e seis crianças na idade intermediária (3,5 a 4,4 anos), como demonstrado na tabela 1. Desta forma, considerou-se a possibilidade de a variabilidade na idade do grupo experimental ter influenciado nos resultados obtidos;

contudo, não foi observada diferença estatisticamente significativa na latência média ($p=0,359$) e amplitude média ($p=0,704$) entre o grupo formado por crianças que foram submetidas à cirurgia em idade inferior a três anos e cinco meses e aquele de crianças com idade acima.

Neste contexto, foi analisada a influência do tempo de uso do IC nas características do componente P_1 . Como observado nos gráficos 5 e 6, ocorre uma redução da latência ($p=0,539$) e o aumento da amplitude ($p=0,297$) do componente P_1 , mas não foi encontrada diferença significativa entre os grupos com menos e mais de 10 anos do uso do dispositivo eletrônico.

Ao analisar o desempenho na percepção da fala e as características do componente P_1 , pela pontuação comportamental, foi considerado como desempenho “bom” o escore $>54\%$, e “ruim” $\leq 54\%$, e em posterior análise da média de latência do P_1 ($p=0,753$) e da amplitude ($p=0,399$) em ambos grupos, não foi encontrada diferença estatisticamente significativa, ou seja, não houve uma associação entre o desempenho na percepção da fala e o potencial cortical P_1 . Segundo Ponton & Eggermont (2001), a alteração dos PEAC de crianças usuárias de IC é reflexo das alterações do processo cortical de sensação e percepção correlacionado com o desenvolvimento de processos corticais de mais alta complexidade, como a produção e percepção da linguagem oral. Contudo, conforme descrito por Singh *et al.* (2004), a maturação das vias corticais que dão origem a P_1 não parece estar relacionada à proficiência na linguagem receptiva e expressiva, uma vez que nenhum padrão de maturação foi observado quando comparada à latência de P_1 com escore comportamental, o que está condizente com o obtido no presente estudo. Ao considerar o desempenho na percepção de fala, de acordo com o tempo de uso do IC, não foi encontrada diferença nos escores médios entre as crianças com menos e mais de 10 anos de uso do IC.

De acordo com Davidson *et al.* (2011), responder corretamente ao teste de percepção da fala requer não somente a percepção auditiva, mas também conhecimento lexical dos itens dos estímulos e articulação da resposta falada. Assim, as mudanças no desempenho na percepção de fala em crianças utilizando o IC são acompanhadas por fatores maturacionais e de intervenção, sendo difícil determinar a contribuição única da habilidade de ouvir.

Estudos têm investigado a relação entre os resultados de linguagem e possíveis preditores dos resultados com o IC, que podem ser divididos em três categorias: fatores auditivos relacionados à reabilitação auditiva; fatores relacionados à criança, inerentes à mesma, como desenvolvimento cognitivo; e fatores ambientais.

Davidson *et al.* (2011), Geers (2002), Moret *et al.* (2007) e Tanamati (2011) relataram que o desenvolvimento da linguagem é dependente de outros aspectos, tais como a tecnologia do IC, envolvimento dos pais no processo de reabilitação, uso da comunicação oral, tempo de exposição diária ao ambiente sonoro, aspectos psicossociais, a estratégia

de codificação dos sons da fala e a permeabilidade da família.

O IC possibilita a restauração da função de ouvir, pois garante a estimulação elétrica do sistema auditivo e, conseqüentemente, a detecção do som. No entanto, a aquisição das habilidades auditivas depende da qualidade da estimulação, ou seja, o IC, por si só, não permite o desenvolvimento da função auditiva que envolve habilidades no processamento auditivo do som que são pré-requisitos para a aquisição e desenvolvimento da linguagem oral.

A realização da cirurgia em idade ideal é fundamental para que ocorra a reorganização do sistema auditivo e, conseqüentemente, existam as condições intrínsecas à criança para o desenvolvimento das habilidades comportamentais. Contudo, aspectos como participação familiar no processo de reabilitação auditiva e adequada abordagem terapêutica influenciam significativamente nos benefícios obtidos com o IC (DAVIDSON *et al.*, 2011). Com isso, torna-se necessário a realização de novos estudos que visem o acompanhamento do processo terapêutico de indivíduos com deficiência auditiva usuários de IC, incluindo instrumentos como a rede de telessaúde, em que abordem as diversificadas regiões do Brasil, país de extensa dimensão territorial.

CONCLUSÕES

A presença do componente P_1 em indivíduos usuários de IC demonstra que o IC restaura a capacidade de ouvir. O padrão maturacional do potencial cortical segue o curso semelhante ao da criança ouvinte, porém com um atraso na latência e diminuição da amplitude. Após longo período de uso do IC, o componente P_1 não é um preditor único do desempenho na percepção de fala.

REFERÊNCIAS

ANGELO, T. C. S.; BEVILACQUA, M. C.; MORET, A. L. M. Percepção da fala em deficientes auditivos pré-linguais usuários de implante coclear. **Pró-Fono Revista de Atualização Científica**, v. 22, n. 3, p. 275-280, 2010.

BEITER, A. L.; SHALLOP, J. K. Cochlear implants: past, present and future. In: Estabrooks, W. **Cochlear implants for kids**. Washington: Alexander Graham Bell Association for the Deaf, 1998. P. 3-29.

BEVILACQUA, M. C.; MORET, A. L. M. **Reabilitação e Implante Coclear**. In: Lopes Filho, O. **Tratado De Fonoaudiologia**. Ribeirão Preto: Tecmedd, 2005. Cap. 23, P. 423-436.

BEYNON, A. J.; SNIK, A. F. M.; VAN DEN BROEK, P. Evaluation of cochlear implant benefit with auditory cortical evoked potentials. **International Journal of Audiology**, v. 41, n. 7, p. 429-435, Oct 2002.

BONALDI L. V. **Sistema Auditivo Periférico**. In: Bevilacqua MC, Martinez MAN, Balen SA, Pupo AC, Reis ACMB, Frota S. **Tratado de Audiologia**. São Paulo: Ed. Santos, 2011. p. 3-27.

BOONS, T. *et al.* Predictors of Spoken Language Development Following Pediatric Cochlear Implantation. **Ear and Hearing**, v. 33, n. 5, Sep-Oct 2012.

CHAKRAVARTI, I. M.; LAHA, R. G.; ROY, J. **Handbook of Methods of Applied Statistics**. Ed. J. Wiley and Sons, v. 1, p. 392-394, 1967.

COSTA FILHO, O. A. **Implantes cocleares multicanais no tratamento da surdez em adultos**. 1998. Tese (Doutorado) – Faculdade de Odontologia de Bauru, Universidade de São Paulo, Bauru, 2008.

DAVIDSON, L. S.; GEERS, A. E.; BLAMEY, P. J.; TOBEY, E.; BRENNER, C. Factors contributing to speech perception scores in long-term pediatric CI users. **Ear Hear**. v. 1, n. 32, p. 19s-26s, Feb 2011.

DESJARDIN, J. L.; AMBROSE, S. E.; MARTINEZ, A. S.; EISENBERG, L. S. Relationships between speech perception abilities and spoken language skills in young children with hearing loss. **International Journal of Audiology**, n. 48, p. 248-259, Nov 2009.

GANEK, H.; ROBBINS, A. M.; NIPARKO, J. K. Language Outcomes After Cochlear Implantation. **Otolaryngologic Clinics of North America**, v. 45, n. 1, Feb 2012.

GEERS, A. E. Factors affecting the development of speech, language, and literacy in children with early cochlear implantation. **Language Speech and Hearing Services in Schools**, v. 33, n. 3, Jul 2002.

GILLEY, P. M.; SHARMA, A.; DORMAN, M. F. Cortical reorganization in children with cochlear implants. **Brain Research**, v. 1239, p. 55-65, Nov 6 2008.

GORDON, K. A.; TANAKA, S.; PAPSIN, B. C. Atypical cortical responses underlie poor speech perception in children using cochlear implants. **Neuroreport**, v. 16, n. 18, p. 2041-2045, Dec 19 2005.

GORDON, K. A.; TANAKA, S.; WONG, D. D.; PAPSIN, B. C. Characterizing responses from auditory cortex in young people with several years of cochlear implant experience. **Clin Neurophysiol**, Amsterdam, v. 119, n. 10, p. 2347-2362, Oct 2008.

GUIRAUD, J.; GALLEGO, S.; ARNOLD, L.; BOYLE, P.; TRUY, E.; COLLET, L. Effects of auditory pathway anatomy and deafness characteristics? Part 2: On electrically evoked late auditory responses. **Hearing Research**, v. 228, p. 44-57, 2007.

HAYES, H. *et al.* Receptive Vocabulary Development in Deaf Children with Cochlear Implants: Achievement in an Intensive Auditory-Oral Educational Setting. **Ear and Hearing**, v. 30, n. 1, Feb 2009.

KELLY, A. S.; PURDY, S. C.; THORNE, P. R. Electrophysiological and speech perception measures of auditory processing in experienced adult cochlear implant users. **Clinical Neurophysiology**, v. 116, n. 6, Jun 2005.

KRAL, A.; SHARMA, A. Developmental neuroplasticity after cochlear implantation. **Trends in Neurosciences**, v. 35, n. 2, Feb 2012.

KURNAZ, M.; SATAR, B.; YETISER, S. Evaluation of cochlear implant users' performance using middle and late latency responses. **Eur Arch Otorhinolaryngol**, Heidelberg, v. 266, n. 3, p. 343-350, Mar 2009.

MARKMAN, T. M. *et al.* Language development after cochlear implantation: an epigenetic model. **Journal of Neurodevelopmental Disorders**, v. 3, n. 4, Dec 2011.

MAURER, J. *et al.* Auditory late cortical response and speech recognition in Digisonic cochlear implant users. **Laryngoscope**, v. 112, n. 12, p. 2220-2224, Dec 2002.

MCNEILL, C.; SHARMA, M.; PURDY, S. C. Are cortical auditory evoked potentials useful in the clinical assessment of adults with cochlear implants? **Cochlear Implants Int**, London, v. 10 Suppl 1, p. 78-84, 2009.

MOOG, J. S.; GEERS, A. E. Speech and language acquisition in young children after cochlear implantation. **Otolaryngologic Clinics of North America**, v. 32, n. 6, Dec 1999.

MORET, A. L. M.; BEVILACQUA, M. C.; COSTA, O. A. Implante coclear: audição e linguagem em crianças deficientes auditivas pré-linguais. **Pró-Fono R. Atual. Cient**, v. 19, n. 3, p. 295-304, 2007.

NASCIMENTO, L. T.; BEVILACQUA, M. C. Avaliação da percepção da fala com ruído competitivo em adultos com implante coclear. **Rev Bras Otorrinolaringol**, v.71, n.4, p. 432-438, 2005.

NORTHERN, J. L.; DOWNS, M. P. **Hearing in Children**. Philadelphia: Lippincott, William & Wilkins, 5. Ed. 2002.

PETERSON, N. R.; PISONI, D. B.; MIYAMOTO, R. T. Cochlear implants and spoken language processing abilities: Review and assessment of the literature. **Restorative Neurology and Neuroscience**, v. 28, n. 2, p. 237-250, Jan 2010.

PONTON, C. W. *et al.* Auditory system plasticity in children after long periods of complete deafness. **Neuroreport**, v. 8, n. 1, Dec 20 1996.

PONTON, C. W.; EGGERMONT, J. J. Of kittens and kids: altered cortical maturation following profound deafness and cochlear implant use. **Audiol. Neuro-otol**, v. 6, p. 363-380, 2001.

PONTON, C. W.; MOORE, J. K.; EGGERMONT, J. J. Auditory brain stem response generation by parallel pathways: Differential maturation of axonal conduction time and synaptic transmission. **Ear and Hearing**, v. 17, n. 5, Oct 1996.

ROMAN, S. *et al.* Relationship between auditory perception skills and mismatch negativity recorded in free field in cochlear-implant users. **Hearing Research**, v. 201, n. 1-2, p. 10-20, Mar 2005.

SHARMA, A.; DORMAN, M. F.; KRAL, A. The influence of a sensitive period on central auditory development in children with unilateral and bilateral cochlear implants. **Hearing Research**, v. 203, n. 1-2, p. 134-43, May 2005.

SHARMA, A.; DORMAN, M. F.; SPAHR, A. I. Rapid development of cortical auditory evoked potentials after early cochlear implantation. **NeuroReport**, v.13, n.10, Jul 2002.

SHARMA, A.; NASH, A. A.; DORMAN, M. Cortical development, plasticity and re-organization in children with cochlear implants. **Journal of Communication Disorders**, v. 42, n. 4, Jul-Aug 2009.

SHARMA, A.; TOBAY, E.; DORMAN, M.; BHARADWAJ, K. M.; GILLEY, P.; KUNKEL, F. Central Auditory Maturation and Babbling Development in Infants with Cochlear Implants. **Arch Otolaryngol Head Neck Surg**, v. 130, p. 511-516, 2004.

SINGH, S.; LIASIS, A.; RAJPUT, K.; TOWELL, A.; LUXON, L. Event-Related Potentials in Pediatric Cochlear Implant Patients. **Ear and Hearing**, v. 25, n. 6, p. 598-610 Dec 2004.

SPENCER, L. J.; TOMBLIN, J. B. Evaluating Phonological Processing Skills in Children with Prelingual Deafness Who Use Cochlear Implants. **Journal of Deaf Studies and Deaf Education**, v. 14, n. 1, p. 1-21, April 2009.

TANAMATI, L. F. **Audição e inteligibilidade da fala de crianças após 10 anos da cirurgia de implante coclear**. 2012. Tese (Doutorado em Fonoaudiologia) – Faculdade de Odontologia de Bauru, Universidade de São Paulo, Bauru, 2012.

TANAMATI, L. F.; COSTA, O. A.; BEVILACQUA, M. C. Resultados a longo prazo com o uso do implante coclear em crianças: revisão sistemática. **Arquivos Int. Otorrinolaringol**, v.15, n.3, p. 365-375, 2011.

VALENTE, S. L. O. L. **Elaboração de listas de sentenças construídas na língua portuguesa**. 1998. Dissertação (Mestrado em Fonoaudiologia) –Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 1998.

VENTURA, L. M. P.; ALVARENGA, K. F.; COSTA FILHO, O. A. Protocolo para captação dos potenciais evocados auditivos de longa latência. **Braz. J. Otorhinolaryngol.**, São Paulo, v.75, n.6, p. 879-883, Nov/Dec 2009.

Wunderlich, J. L.; Cone-Wesson, B. K.; Shepherd, R. Maturation of the cortical auditory evoked potential in infants and young children. **Hearing Research**, v. 212, n. 1-2, Feb 2006.

YOON, P. J. Hearing Loss and Cochlear Implantation in Children. **Advances in Pediatrics**, v. 58, p. 277-296, 2011.

ZWOLAN, T. A. *et al.* Pediatric cochlear implant patient performance as a function of age at implantation. **Otology & Neurotology**, v. 25, n. 2, Mar 2004.