LILIANE APARECIDA FAGUNDES SILVA

Maturação cortical em crianças usuárias de implante coclear: análise das medidas eletrofisiológicas e comportamentais

Dissertação apresentada à Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Ciências

Programa de Ciências da Reabilitação

Orientadora: Profª. Drª. Carla Gentile Matas

São Paulo

2015

LILIANE APARECIDA FAGUNDES SILVA

Maturação cortical em crianças usuárias de implante coclear: análise das medidas eletrofisiológicas e comportamentais

Dissertação apresentada à Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Ciências

Programa de Ciências da Reabilitação

Orientadora: Profª. Drª. Carla Gentile Matas

São Paulo

2015

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Preparada pela Biblioteca da
Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo

©reprodução autorizada pelo autor

Silva, Liliane Aparecida Fagundes
Maturação cortical em crianças usuárias de implante coclear: análise das medidas eletrofisiológicas e comportamentais / Liliane Aparecida Fagundes Silva. -- São Paulo, 2015.
Dissertação(mestrado)--Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo.

Programa de Ciências da Reabilitação.
Orientadora: Carla Gentile Matas.

Descritores: 1.Implante coclear 2.Criança 3.Percepção da fala 4.Percepção auditiva 5.Eletrofisiologia 6.Plasticidade neuronal

USP/FM/DBD-395/15

Dedicatória

*Aos meus pais **Jorge** e **Ivani** que cuidaram de mim com tanto amor e carinho desde os primeiros minutos de vida e, com seus valiosos conselhos, conduziram meus passos no caminho da sinceridade, do respeito, e da coragem ...*

Que mesmo com poucas condições, nunca mediram esforços para me ver feliz...

Que mesmo com pouca instrução, sempre me incentivaram a lutar para conquistar meus objetivos.

*À **eles**, minha eterna gratidão!*

*Ao meu esposo **Geazi** por quem meu amor aumenta a cada dia**...***

Que vibra comigo nos momentos de conquistas e me

incentiva a vencer as dificuldades do dia-a-dia...

Que tem tanta paciência comigo...

Que esta ao meu lado em todos os momentos e me faz ser tão feliz...

Que é mais do que um excelente esposo... é um grande amigo e um sábio conselheiro!

Agradecimentos

*À **Deus** por ter aberto essa porta na qual eu tanto almejava entrar; Só a sua mão forte e o seu infinito poder poderia ter feito isso por mim! Por nunca ter me desamparado, por ter conduzido os meus passos neste caminho e, além disso... Por estar presente em todos os momentos da minha vida.*

*Ao meu esposo **Geazi** por incentivar a continuidade dos meus estudos.... Pela compreensão, pelo amor e pelo carinho ímpar que tens comigo. Por ser meu braço direito e esquerdo, não medindo esforços para me ajudar a cumprir mais essa etapa da vida...*

*Aos meus pais **Ivani e Jorge** pelo ensino de vida, pelo carinho e dedicação para comigo... Por compartilharem das minhas dificuldades e das minhas conquistas... Por toda ajuda em todos os momentos deste percurso... Amo vocês!*

*À minha orientadora Profª Drª **Carla Gentile Matas** por me aceitar como orientanda e me ensinar tantas coisas boas na vida profissional e pessoal; por confiar em mim, me proporcionando oportunidades únicas para meu crescimento profissional; por dedicar horas do seu raríssimo tempo para as correções deste trabalho; por sempre me incentivar a crescer e muito mais... Pela paciência, carinho, amizade, conselhos e por ser sempre tão compreensiva nos momentos difíceis;*

*À Profª Drª **Ana Cláudia Martinho Carvalho** por encarar as barreiras para fazer com que esse projeto fosse realizado e, por confiar em mim a responsabilidade de*

executá-lo. Por me incentivar a iniciar esta jornada.... Se não fossem teus conselhos e incentivo, teria perdido esta valiosa oportunidade e não teria chegado até aqui! Não tenho palavras para agradecer pela sua inestimável contribuição, por todo o apoio e carinho durante todo o processo;

À querida ***Maria Inês Vieira Couto*** *por todo incentivo, apoio, ajuda e carinho! Por todas as palavras de conforto e ânimo nos momentos de desespero. Por todas as sugestões e orientações na realização do trabalho, por todos os conselhos e muito mais: pelo carinho e exemplo de profissional;*

À querida ***Fernanda Leite Magliaro*** *pela amizade, companheirismo e apoio... Por ter um coração tão grande a ajudar no que pode, tanto no âmbito acadêmico quanto pessoal, nos momentos de dúvidas, decisões e dificuldades... Por ser um "guia prático de instruções" na eletrofisiologia, me ensinando muito como profissional;*

À minha irmã ***Lívia*** *por ser uma pessoa tão especial que considero como uma "segunda mãe", mesmo tendo quase a mesma idade que eu! Pela sincera amizade que compartilhamos, pelo carinho e por ser meu "pronto-socorro" sempre que preciso de ajuda;*

À minha queria sobrinha ***Isabely*** *que me permite vivenciar a experiência tão maravilhosa de ser "tia". Com seu jeitinho inocente, sempre me fez sorrir mesmo nos momentos de tanta ansiedade;*

*Às Prof^as^ Dr^as^* ***Renata Mamede*** *e* ***Alessandra Samelli*** *e à Dr^a^* ***Maria Inês Viera Couto*** *que participaram da banca de qualificação dando valiosas sugestões que contribuíram muito para a finalização deste trabalho;*

À Fga Dr ª ***Ana Manhani*** *que mesmo sem tempo sempre dava um jeitinho para me ajudar na estatística e nas traduções;*

Aos Médicos Otorrinolaringologistas Dr. ***Robson Koji Tsuji****, ao Dr.* ***Ricardo Ferreira Bento*** *e ao* ***Grupo de Implante Coclear do Hospital das Clínicas*** *por apoiar e contribuir para a execução do projeto, possibilitando o contato com os pacientes;*

Aos ***meus (as) amigos (as)*** *de graduação e pós-graduação por me incentivar, me apoiar e por tornarem os meus dias mais felizes;*

Ao ***Departamento de Fisioterapia, Fonoaudiologia e Terapia Ocupacional*** *pela oportunidade e suporte em todas as etapas;*

E finalmente, porém não menos importante... Às ***crianças e famílias*** *que aceitaram participar do meu estudo... Sem vocês nada disso seria possível!*

Normatização adotada

Esta dissertação está de acordo com as seguintes normas, em vigor no momento desta publicação:

Referências: adaptado de International Committee of Medical Journals Editors (Vancouver). Universidade de São Paulo. Faculdade de Medicina. Divisão de Biblioteca e Documentação. Guia de apresentação de dissertações, teses e monografias. Elaborado por Anneliese Carneiro da Cunha, Maria Julia de A. L. Freddi, Maria F. Crestana, Marinalva de Souza Aragão, Suely Campos Cardoso, Valéria Vilhena. 3a ed. São Paulo: Divisão de Biblioteca e Documentação; 2011.

Abreviaturas dos títulos dos periódicos de acordo com List of Journals Indexed in Index Medicus.

SUMÁRIO

Listas de Tabelas

Listas de Figuras

Listas de Gráficos

Listas de Siglas e Abreviaturas

Listas de Símbolos

Resumo

1. Introdução..... 22

2. Objetivos..... 26

2.1. Objetivo Geral..... 26

2.2. Objetivos Específicos..... 26

3. Revisão da Literatura..... 28

3.1. Desenvolvimento das habilidades auditivas e de linguagem oral em crianças usuárias de Implante Coclear..... 28

3.2. Potenciais Evocados Auditivos de Longa Latência em crianças usuárias de Implante Coclear..... 37

3.3. Correlação entre as medidas comportamentais de audição e linguagem e os Potenciais Evocados Auditivos de Longa Latência..... 42

4. Metodologia..... 47

4.1. Tipo de estudo e aspectos éticos..... 47

4.2. Casuística..... 47

4.2.1. Grupo Estudo..... 47

4.2.2. Grupo Controle..... 50

4.3. Procedimentos..... 51

4.3.1. Avaliação comportamental de audição linguagem..... 52

4.3.2. Avaliação eletrofisiológica da audição..... 54

4.4. Análise dos dados..... 57

5. Resultados..... 59

5.1. Avaliação comportamental da audição e linguagem..... 59

5.2. Avaliação eletrofisiológica da audição..... 63

5.3. Comparação entre as medidas comportamentais e eletrofisiológicas..... 67

6. Discussão..... 73

6.1. Avaliação comportamental da audição e linguagem..... 73

6.2. Avaliação eletrofisiológica da audição..... 79

6.3. Comparação entre as medidas comportamentais e eletrofisiológicas..... 81

7. Conclusão..... 87

Referências Bibliográficas..... 89

LISTAS DE TABELAS

Tabela 1- Caracterização da amostra do GE..... 49

Tabela 2- Distribuição de frequência das características do GE..... 49

Tabela 3- Quadro resumo dos parâmetros utilizados para coleta dos PEALL.... 55

Tabela 4- Resultados individuais dos percentuais obtidos no questionário IT-MAIS/MAIS do GE nos três momentos de avaliação..... 59

Tabela 5- Comparação entre os percentuais obtidos no IT-MAIS/MAIS nos diferentes momentos da avaliação no GE..... 60

Tabela 6- Distribuição de frequência das habilidades auditivas do GE..... 61

Tabela 7- Resultados individuais dos percentuais obtidos no questionário MUSS do GE nos três momentos de avaliação..... 61

Tabela 8- Comparação entre os percentuais obtidos no MUSS nos diferentes momentos da avaliação no GE..... 62

Tabela 9- Resultados individuais dos valores de latência do componente P1 (ms) em ambos os grupos, nos três momentos de avaliação..... 64

Tabela 10- Comparação entre os valores de latência do componente P1 nos diferentes momentos de avaliação no GE..... 66

Tabela 11- Comparação entre os valores de latência do componente P1 nos diferentes momentos de avaliação no GC..... 66

Tabela 12- Comparação dos valores de latência do componente P1 entre os grupos nos diferentes momentos de avaliação..... 67

Tabela 13- Correlação entre as latências do componente P1 e os questionários IT-MAIS/MAIS e MUSS no GE, nos três momentos de avaliação.... 68

Tabela 14- Comparação do desempenho na 3ª avaliação de acordo com a habilidade auditiva obtida no GASP no GE..... 70

Tabela 15- Correlação entre o desempenho nas avaliações eletrofisiológica e comportamental e a idade de ativação (meses) no GE, nos diferentes momentos de avaliação..... 71

LISTAS DE FIGUAS

Figura 1- Fluxograma com síntese do processo de inclusão dos sujeitos no GE..... 48

Figura 2- Fluxograma com síntese dos procedimentos realizados em cada momento de avaliação em ambos os grupos..... 56

Figura 3- Registro do traçado dos PEALL em uma das crianças do GE nos três momentos de avaliação..... 63

LISTAS DE GRÁFICOS

Gráfico 1- Estatística descritiva dos percentuais obtidos no questionário IT-MAIS/MAIS do GE nos três momentos de avaliação..... 60

Gráfico 2- Estatística descritiva dos percentuais obtidos no questionário MUSS do GE nos três momentos de avaliação..... 62

Gráfico 3- Estatística descritiva dos valores de latência do componente P1 (ms) na segunda e terceira avaliação do GE..... 65

Gráfico 4- Estatística descritiva dos valores de latência do componente P1 (ms) nos três momentos de avaliação do GC..... 65

Gráfico 5- Correlação entre a latência do componente P1 na 3ª avaliação e a pontuação do IT-MAIS/MAIS na 2ª avaliação no GE..... 69

Gráfico 6- Correlação entre a latência da onda P1 na 3ª avaliação e a pontuação do IT-MAIS/MAIS na 3ª avaliação no GE..... 69

LISTAS DE SIGLAS E ABREVIATURAS

AASI	Aparelho de Amplificação Sonora Individual
CAPPesq	Comissão de Ética para Análise de Projetos de Pesquisa
et al.	e outros
GASP	*Glendonald Auditory Screening Procedure*
GC	Grupo Controle
GE	Grupo Estudo
HCFMUSP	Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo
IC	Implante Coclear
IT-MAIS	*Infant-Toddler Meaningful Auditory Integration Scale*
MAIS	*Meaningful Auditory Integration Scale*
MUSS	*Meaningful Use of Speech Scales*
PEALL	Potencial Evocado Auditivo de Longa Latência
SNAC	Sistema Nervoso Auditivo Central

LISTAS DE SÍMBOLOS

µV	micro Volt
cm	centímetro
dB	decibel
dB NA	decibel nível de audição
dBnNA	decibel nível de audição normalizado
dB NPS	decibel nível de pressão sonora
Hz	Hertz
kHz	kilo Hertz
kOhms	kilo Ohms
ms	milissegundos

Silva LAF. ***Maturação cortical em crianças usuárias de implante coclear: análise das medidas eletrofisiológicas e comportamentais*** **[Dissertação]. São Paulo: Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo; 2015.**

INTRODUÇÃO: O desenvolvimento e a organização das vias auditivas centrais em crianças estão intimamente relacionados a uma experiência auditiva efetiva. Em crianças usuárias de Implante Coclear (IC), a utilização dos Potenciais Evocados Auditivos de Longa Latência (PEALL), em conjunto com a avaliação das medidas comportamentais de audição e linguagem, constitui-se como um instrumento capaz de avaliar a integridade e a funcionalidade das vias auditivas centrais, além de monitorar as mudanças neurofisiológicas ocorridas após estimulação por meio do IC. **OBJETIVO:** Acompanhar a maturação cortical de crianças usuárias de IC, por meio de medidas comportamentais de audição e linguagem, e medidas eletrofisiológicas. **METODOLOGIA:** Estudo longitudinal composto por 22 sujeitos, sendo 11 (6 meninas e 5 meninos) com perda auditiva neurossensorial de grau severo e/ou profundo bilateral congênita, os quais aguardavam a ativação dos eletrodos do IC, com média de idade na ativação de 35 meses (mínimo de 17 e máximo de 66 meses), e 11 crianças ouvintes pareadas por gênero e idade cronológica. As crianças do grupo estudo foram avaliadas quanto às medidas comportamentais de audição e linguagem, de acordo com a percepção dos pais, por meio dos protocolos *Infant-Toddler: Meaningful Auditory Integration Scale* (IT-MAIS/MAIS) e *Meaningful Use of Speech Scales* (MUSS), e por meio de avaliação realizada com a própria criança através da aplicação do *Glendonald Auditory Screening Procedure* (GASP). Ambos os grupos realizaram uma avaliação eletrofisiológica da audição por meio dos PEALL em sistema de campo sonoro, com a sílaba /ba/, com intervalos inter-estímulos de 416 ms na intensidade de 70 dBnNA. Cada criança foi avaliada em três diferentes momentos: anterior à ativação do IC e após

três e nove meses de ativação, seguindo o mesmo intervalo de tempo para as crianças do grupo controle. **RESULTADOS:** Houve melhora nos comportamentos de audição e linguagem, mensurados por meio dos protocolos IT-MAIS/MAIS e MUSS ao longo do tempo de uso do IC. Da mesma forma, na avaliação por meio dos PEALL, observou-se surgimento do componente P1 após ativação, que diminuiu em latência com o decorrer do tempo; no entanto, a mesma manteve-se estatisticamente maior quando comparada ao grupo controle, mesmo após nove meses de uso do IC. Observou-se correlação negativa entre a avaliação dos PEALL e a pontuação do IT-MAIS/MAIS (quanto menor a latência de P1, maior a pontuação deste protocolo). No que tange às habilidades auditivas mensuradas por meio do GASP, observou-se que as crianças que alcançaram habilidade auditiva de discriminação, apresentaram melhores resultados nas demais avaliações, tanto comportamentais quanto eletrofisiológica, quando comparadas aquelas que alcançaram apenas a habilidade de detecção de fala. **CONCLUSÕES:** A estimulação auditiva por meio do IC possibilitou maturação das vias auditivas, proporcionando assim diminuição de latência do componente P1 e desenvolvimento das habilidades auditivas e de linguagem oral. A análise do componente P1 dos PEALL mostrou-se um importante biomarcador do comportamento auditivo, principalmente quando utilizado para monitoramento do processo de reabilitação.

Descritores: Implante coclear; Criança; Percepção da fala; Percepção auditiva; Eletrofisiologia; Plasticidade neuronal.

Silva LAF. ***Auditory pathways' maturation of children with cochlear implant: analysis of electrophysiological and behavioral measures*** **[dissertation]. São Paulo: "Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo"; 2015.**

INTRODUCTION: The development and organization of central auditory pathways in children are closely related to an effective and appropriate auditory experience. The use of Long Latency Auditory Evoked Potentials (LLAEP) combined to behavioral evaluation of auditory and language measures in children with Cochlear Implant (CI) is considered as a procedure capable of determining the integrity and functionality of central auditory pathway. It is also capable of monitoring neurophysiological changes observed after the stimulation by CI. **PURPOSE:** To monitor central auditory pathways' maturation in children with cochlear implant based on electrophysiological, auditory and language behavioral measures. **METHODS:** Longitudinal study of 22 subjects equally divided into study and control group. Study group was composed by 11 children (6 girls and 5 boys) with severe/profound bilateral congenital sensorineural hearing loss whose were awaiting the activation of CI electrodes. Their mean age at activation was 35 months (17 minimum and 66 maximum). Control group was composed by 11 normal hearing children paired by gender and chronological age. Study group's children evaluation involved auditory and language behavioral measures. The evaluation considered parents' perception based on *Infant-Toddler: Meaningful Auditory Integration Scale* (IT-MAIS/MAIS) and *Meaningful Use of Speech Scales* (MUSS). Children were also assessed with the *Glendonald Auditory Screening Procedure* (GASP). Both groups were submitted to an auditory electrophysiological evaluation with the LLAEP in sound field system, recorded with the speech stimulus of the syllables /ba/, presented with inter-stimulus intervals of 416 ms, at the intensity of

70 dBnNA. Each child was evaluated three times: before CI activation, after three months and after none months of CI activation. Control group's children were evaluated considering the same intervals. **RESULTS:** Auditory and language behaviors improved during CI use according IT-MAIS/MAIS and MUSS measures. Similarly, the LLAEP evaluation indicated the appearance of P1 component after activation, and also the decrease of its latency over the course of time; however, the latency maintained statistically higher when compared to control group, even after nine months of CI use. A negative correlation between LLAEP and IT-MAIS/MAIS score was observed (the lower P1 latency, higher the protocol score). Regarding to hearing abilities measured by GASP, it was observed that the children who became able to discriminate sounds showed better performance on other behavioral and electrophysiological evaluations when compared to those who only became able to detect speech sounds. **CONCLUSIONS:** Auditory stimulation through CI enabled auditory pathways' maturation, allowing decrease of latency of the P1 component and auditory and oral language abilities development. The analysis of the P1 component of LLAEP proved to be an important biomarker of auditory behavior, especially when used to monitor rehabilitation process.

Descriptors: cochlear implant; child; speech perception; auditory perception; electrophysiology; neuronal plasticity.

Introdução

1. INTRODUÇÃO

A surdez é uma deficiência que dificulta a recepção íntegra do sinal acústico pelo córtex auditivo, pois reduz a estimulação das vias auditivas. Quando em grau severo ou profundo, a surdez afeta o desenvolvimento ou manutenção da linguagem oral e, consequentemente, o relacionamento e o estilo de vida do indivíduo (Bento et al., 2004; Bevilacqua et al., 2011).

O Implante Coclear (IC) tem se mostrado como um importante recurso clínico para crianças que não apresentaram resultados significativos para o desenvolvimento das habilidades auditivas apenas com a utilização de Aparelho de Amplificação Sonora Individual (AASI) (Bevilacqua et al., 2010). Este dispositivo eletrônico tem como objetivo substituir parcialmente a função sensorial da cóclea, por meio de estimulação elétrica direta nas fibras do nervo auditivo, e possibilitar o acesso aos sons de fala, melhorando a qualidade de vida desses indivíduos (Clark, 2003; Tanamati et al., 2011).

A estimulação auditiva durante a infância possibilita que o Sistema Nervoso Auditivo Central (SNAC) passe por mudanças e reorganizações, denominados plasticidade neuronal, as quais possibilitarão o desenvolvimento das habilidades auditivas (detecção, discriminação, reconhecimento e compreensão), que são necessárias ao desenvolvimento da linguagem oral (Mauer, 2002; Sharma et al, 2004; Moret et al., 2007; Sharma et al., 2007a; Fallon et al., 2008; Dinces et al., 2009; Boéchat, 2010; Thai-Van et al., 2010).

No entanto, a resposta comportamental de audição e linguagem, após a ativação do dispositivo eletrônico, nem sempre é imediata e precisa, pois o progresso é gradual e os resultados podem ser influenciados por muitas variáveis, tais como: tempo de privação sensorial, idade na ativação, grau e tipo de perda auditiva, momento da

aquisição (pré ou pós-lingual), etiologia, presença de audição residual, terapia fonoaudiológica, motivação da família, presença de outras comorbidades que possam interferir no processo maturacional (síndromes ou atrasos no desenvolvimento neuropsicomotor de forma geral), entre outros (Ouellet e Cohen, 1999).

Além disso, a optimização do benefício do IC não depende apenas destas variáveis ou do sinal elétrico gerado pelo IC. A integridade das vias auditivas centrais que levam a informação sonora ao córtex auditivo primário (localizado no giro de Helschl) e a capacidade de outras áreas de associação, tais como a área auditiva secundária (que se estende para a superfície lateral do lobo temporal) e a área de Wernick (que inclui parte do plano temporal e parte póstero-superior do primeiro giro temporal) podem influenciar significativamente; ambas estão relacionadas ao aprendizado auditivo e permitem que o usuário do dispositivo eletronico possa agregar um significado ao sinal acústico (Bhatnagar, 2004; Moore e Shannon, 2009).

Desta forma, para avaliar o desenvolvimento das habilidades auditivas e de linguagem, existem protocolos padronizados, específicos de avaliação das respostas comportamentais de audição e linguagem, que devem ser selecionados de acordo com a idade e nível de desenvolvimento da criança, bem como questionários aplicados aos pais ou responsáveis que fornecem medidas quantitativas e qualitativas do desempenho da criança no cotidiano (Robbins, 1990; Zimmerman-Phillips, 1997). Ressalta-se que o desempenho nos testes comportamentais é fortemente influenciado pela motivação da criança em realizar a avaliação, e as informações obtidas nos questionários aplicados aos pais sofrem influência da percepção dos mesmos (Pinto et al., 2008). Acrescenta-se o grau de envolvimento dos pais no programa de (re) habilitação auditiva, que pode comprometer os resultados clínicos.

Considerando a característica subjetiva da avaliação comportamental, atualmente a avaliação por meio dos Potenciais Evocados Auditivos de Longa Latência (PEALL) tem surgido como uma forma de avaliar objetivamente os benefícios fornecidos por meio do IC, complementando a avaliação comportamental. Este tem se mostrado como um teste capaz de mensurar o grau de desenvolvimento e os limites da plasticidade da via auditiva central por meio da análise das mudanças na morfologia e nos valores de latência do componente P1, presente neste potencial (Sharma et al., 2002; Sharma et al., 2004; Dorman et al., 2007; Nash et al., 2007; Gilley et al., 2008; Ventura, 2008; Sharma et al., 2009).

Sendo assim, a avaliação dos PEALL em conjunto com medidas comportamentais de audição e linguagem parece ser potencialmente válida para o monitoramento do desenvolvimento das habilidades auditivas e de linguagem oral em crianças com deficiência auditiva após a intervenção, e desta forma, permite auxiliar nas diretrizes do processo terapêutico (Shallop, 1993; Kileny et al., 1997; Sharma et al. 2002; Kelly et al, 2005; Sharma et al., 2005a; Sharma et al., 2005b; Bauer et al., 2006; Nash, 2007; Amorim, 2011; Sharma et al., 2011; Agrawal et al., 2013).

Contudo, os estudos que determinam a correlação entre as medidas comportamentais de audição e linguagem e a avaliação eletrofisiológica ainda são insuficientes para que este procedimento seja utilizado com segurança na prática clínica, principalmente em pacientes difíceis de serem avaliados por meio das medidas comportamentais. Apesar dos vários estudos realizados nas últimas décadas, que objetivaram caracterizar os achados dos PEALL em crianças usuárias de IC, a heterogeneidade desta população dificulta a determinação de um consenso sobre o que esperar dos resultados eletrofisiológicos após a ativação do IC.

Objetivos

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

O presente estudo teve como objetivo acompanhar a maturação cortical de crianças usuárias de IC, por meio de medidas comportamentais de audição e linguagem, e medidas eletrofisiológicas.

2.2. Objetivos Específicos

- Comparar os resultados das habilidades auditivas e de linguagem obtidos em crianças usuárias de IC, nos três momentos de avaliação;
- Comparar os valores de latência do componente P1 dos PEALL obtidos em crianças usuárias de IC em três momentos de avaliação: antes e após três e nove meses de uso do IC;
- Comparar os valores de latência do componente P1 dos PEALL obtidos em crianças ouvintes em três momentos de avaliação: primeira avaliação, três meses e nove meses após a primeira;
- Correlacionar os valores de latência do componente P1 dos PEALL com as habilidades auditivas e de linguagem obtidos nas crianças usuárias de IC, nos três momentos de avaliação.

Revisão da Literatura

3. REVISÃO DA LITERATURA

Diversos estudos encontrados na literatura descrevem os resultados comportamentais e eletrofisiológicos obtidos com o uso do IC em crianças.

Considerando o objetivo do presente estudo, uma revisão da literatura foi realizada dando-se maior enfoque às publicações dos últimos 20 anos, e as pesquisas que serviram de fundamentação teórica para este trabalho estão descritas a seguir.

Para maior clareza dos temas abordados, este capítulo foi dividido em três tópicos:

- Desenvolvimento das habilidades auditivas e de linguagem oral em crianças usuárias de Implante Coclear;
- Potenciais Evocados Auditivos de Longa Latência em crianças usuárias de Implante Coclear;
- Correlação entre as medidas comportamentais de audição e linguagem e a avaliação dos Potenciais Evocados Auditivos de Longa Latência.

3.1. Desenvolvimento das habilidades auditivas e de linguagem oral em crianças usuárias de Implante Coclear

O desenvolvimento auditivo e de linguagem oral é um processo complexo que não depende apenas da integridade na condução do sinal sonoro por meio do sistema auditivo; é necessário que o córtex auditivo seja capaz de aprender a ouvir, dando significado aos estímulos recebidos (Bevilacqua e Formigoni, 2003). Por meio da condução sonora e com um SNAC íntegro, este aprendizado se dá gradualmente por meio do desenvolvimento das habilidades auditivas: detecção, discriminação, reconhecimento e compreensão dos sons, sejam eles verbais ou não verbais. Adquirindo

tais habilidades, por meio da associação com outras áreas corticais e contando com outras habilidades (cognitivas, pragmáticas, sensório-motoras, entre outras), o desenvolvimento da linguagem oral se faz possível. Para que o indivíduo usuário de IC obtenha um resultado satisfatório, é imprescindível que este processo ocorra (Azevedo, 2011; Mendes e Barzaghi, 2011).

A fim de verificar este benefício, a literatura dispõe de diversos estudos que buscam avaliar o desenvolvimento das habilidades auditivas e de linguagem oral nesta população.

Para avaliar a percepção de fala, Uziel et al. (1996) analisaram a detecção de fonemas, reconhecimento de palavras e de sentenças em conjunto aberto e fechado em 36 crianças, que tiveram o início da surdez antes dos dois anos de idade, sendo 24 com surdez congênita, com a média da idade de três anos, e 12 crianças com surdez pré-lingual, com a média da idade de cinco anos. Após três meses de uso do IC, todas as crianças já detectavam os fonemas; após 12 meses, 88% já reconheciam palavras e 60% já reconheciam sentenças em conjunto fechado; após 24 meses, 81% delas demonstraram reconhecimento em conjunto aberto.

Nikolopoulos et al. (1999) avaliaram o desenvolvimento da percepção de fala em um grupo de 133 crianças, com experiência de uso do IC entre um e seis anos, caracterizando-os de acordo com o desempenho auditivo. Eles observaram que após um ano de experiência auditiva, via IC, a maioria das crianças discriminava sons de fala e que após seis anos a maioria já compreendia a conversação sem leitura labial. Os resultados demonstraram a evolução gradativa no desempenho da percepção de fala com a experiência auditiva via IC.

No que tange à avaliação da percepção de fala e o desenvolvimento da linguagem oral, Calmels et al. (2004) realizaram uma avaliação longitudinal da percepção e

inteligibilidade de fala em 63 crianças que realizaram a cirurgia entre um e cinco anos de idade. As mesmas apresentaram, dentro de um intervalo de três e 12 meses após estimulação, resultados de percepção de fala nas habilidades de reconhecimento de palavras em conjunto fechado de 15,76% para 54,26%, reconhecimento de sentenças em conjunto aberto de 14,8% para 45,6% e reconhecimento de sentenças em conjunto fechado de 8,77% para 16,54%. No que tange aos aspectos de desenvolvimento de linguagem oral, os resultados mostraram que após três meses de uso do IC, a fala destas crianças ainda era ininteligível; noves meses após, era possível compreender palavras isoladas dentro de um contexto.

Baumgartner et al. (2001) analisaram o desenvolvimento das habilidades de percepção de fala durante 36 meses após o IC em 33 crianças com surdez pré-lingual. Os autores observaram que foi necessário um tempo mínimo de 18 a 24 meses de uso do IC para a que a percepção de fala atingisse a normalidade. Os resultados também demonstraram que, embora o desempenho em todas as crianças melhorou conforme a experiência auditiva via IC ocorreu, as crianças que tiveram o IC ativado antes dos três anos de idade alcançaram escores mais altos. Desta forma, os autores afirmaram que a intervenção precoce permite que a criança obtenha maior benefício do IC.

Holt et al. (2004) realizaram um estudo com o objetivo de comparar a percepção de fala de crianças com surdez congênita que realizaram o processo cirúrgico de IC entre o primeiro e quarto ano de vida. A avaliação foi composta por provas de reconhecimento e compreensão de palavras em conjunto aberto sem leitura orofacial. As crianças foram avaliadas antes da ativação dos eletrodos e ao longo do tempo em intervalos de aproximadamente seis meses. Os resultados mostraram que o desempenho das crianças que ativaram o IC entre os dois primeiros anos de vida era semelhante; no entanto estas apresentam escores de 10% a 20% maior do que as que receberam o IC no

terceiro ano de vida, e estas, por sua vez, apresentam resultados semelhantes em relação às que ativaram o IC no quarto ano.

Ainda quanto à idade na ativação e a importância do IC ser realizado o mais precoce possível, Leigh et al. (2013) avaliaram a percepção de fala, e a linguagem receptiva e expressiva em 35 crianças que iniciaram a experiência auditiva via IC entre seis e 12 meses de idade e 85 crianças que realizaram ativação entre os 13 e 24 meses. As avaliações foram realizadas na pré-ativação e após alguns anos de uso do IC. Os resultados demonstraram que as crianças que iniciaram o uso do IC antes dos 12 meses apresentaram índice de desempenho de linguagem receptiva semelhante às crianças ouvintes e alcançaram a normalidade após três anos de uso do IC; no entanto, para as crianças que implantaram após os 13 meses um atraso significativo se manteve. No que se refere à produção de fala, os grupos apresentaram desempenhos semelhantes, porém ambos atrasados em relação às crianças ouvintes. Os autores concluíram que o período crítico para desenvolvimento das habilidades de percepção de fala vai além dos primeiros anos de vida; porém, para o aprendizado das palavras, o período sensível é principalmente o primeiro ano.

Recentemente, Meneses et al. (2014) realizaram um estudo analisando o desempenho de crianças com mais de cinco anos de idade com experiência auditiva mínima de três meses de uso do IC. Observaram que as crianças que receberam o IC mais cedo apresentaram desempenho melhor, assim como as que faziam uso de AASI na orelha contralateral ao IC.

Outras variáveis também fizeram parte do objetivo de alguns autores. O'Donoghue et al. (2000) analisaram o efeito de cinco fatores (idade na implantação, número de eletrodos inseridos, origem da surdez, modo de comunicação e grupo socioeconômico) sobre a percepção e produção de fala. Foram avaliadas 40 crianças

com média de idade na implantação de 52 meses que nasceram surdas ou adquiriram a surdez antes dos três anos de idade. Todos os pacientes receberam o mesmo sistema de IC multicanal e foram acompanhados por cinco anos. A média do número de palavras por minuto aumentou de zero na fase pré-cirúrgica para 44,8 cinco anos após a ativação dos eletrodos e teve correlação apenas com a idade e o modo de comunicação. Os resultados mostraram claramente que as crianças surdas podem desenvolver habilidades de percepção de fala substanciais até cinco anos após o IC.

Bevilacqua et al. (2003) compararam o desempenho em testes de percepção de fala em crianças usuárias de IC de acordo com a etiologia: meningite ou outros fatores. Os resultados mostraram que, embora não houve diferença significante entre os grupos, o índice de reconhecimento de palavras e fonemas e os escores nas habilidades auditivas e de linguagem foram mais altos nas crianças com etiologias diversas em comparação às crianças com meningite.

Nikolopoulos et al. (2004) realizaram um estudo com o objetivo de analisar quais seriam as variáveis que mais poderiam interferir no desenvolvimento das habilidades auditivas e de linguagem em crianças usuárias de IC. O estudo foi longitudinal com 51 crianças com surdez profunda usuárias de IC. Todas as crianças tiveram início da surdez antes dos dois anos de idade e iniciaram o uso do IC antes dos seis anos de idade. Três e quatro anos após a ativação dos eletrodos todas as crianças foram avaliadas por meio de duas medidas de percepção da fala. Os resultados demonstraram que a variável que mais interferiu foi a capacidade de aprendizagem das crianças, explicando até 29% da variância, seguido do tempo de privação sensorial, da idade na ativação dos eletrodos e da estrutura familiar. Os autores recomendaram a consideração destas variáveis no momento da avaliação.

Geers (2004) observou que crianças que implantaram até os dois anos de idade, obtiveram habilidades de fala e linguagem proporcionais a crianças com audição normal. Em crianças que receberam o IC entre dois e quatro anos a autora observou que, embora o IC não garanta melhor habilidade de fala e linguagem, as crianças obtiveram melhor expressão e proficiência da língua em comparação às crianças implantadas após os quatro anos.

Taitelbaum-Swead et al. (2005) compararam o desempenho em testes de percepção de fala em 96 crianças divididas de acordo com a marca do IC: Clarion, Núcleus e Med-El. Os autores observaram que os resultados não apresentaram diferenças de acordo com esta variável, porém a idade na ativação e o modo de comunicação foram capazes de influenciar no desempenho.

No Brasil, Moret et al. (2007) avaliaram o desempenho auditivo e de linguagem em 60 crianças usuárias de IC, com média de idade de 70 meses, tempo de privação sensorial de 41 meses e 25 meses de uso do IC. A avaliação após experiência auditiva foi comparada com os dados obtidos no período pré-cirúrgico correlacionando-se com vários fatores, tais como: idade, tempo de privação sensorial, tempo de uso e tipo do IC, estratégia de codificação de fala, grau de participação da família e desempenho cognitivo da criança. Observou-se que na fase pré-cirúrgica a maioria das crianças encontrava-se na categoria três de audição (iniciando a identificação de palavras) e três de linguagem (emissão de frases simples). Após experiência auditiva via IC, a maioria das crianças atingiu categoria auditiva e de linguagem intermediárias e avançadas, sendo que o único fator que não apresentou correlação estatística com o desempenho auditivo e linguístico foi o aspecto cognitivo.

Rachovitsas et al. (2012) avaliaram as habilidades auditivas e de linguagem oral em 12 crianças com pelo menos dois anos de uso de IC, sendo que seis delas tinham

malformação de orelha interna e as outras seis tinham orelha interna preservada. Os resultados demonstraram que as crianças do primeiro grupo identificavam sons ambientais e apresentavam fala inteligível apenas em palavras isoladas. Já as crianças do segundo grupo, com orelha interna preservada, compreendiam frases comuns sem leitura labial e apresentavam fala encadeada inteligível para alguns ouvintes.

Dentre muitos protocolos utilizados para mensurar o desenvolvimento das habilidades auditivas e de linguagem, alguns estudos avaliaram essas medidas por meio dos mesmos protocolos utilizados neste presente estudo. Mondain et al. (2002) realizaram um estudo avaliando sete crianças que realizaram a cirurgia de IC com média de idade de sete anos. Os pesquisadores avaliaram a percepção de fala e o desenvolvimento da linguagem oral, por meio dos questionários *Meaningful Auditory Integration Scale* (MAIS) e *Meaningful Use of Speech Scales* (MUSS), antes da ativação dos eletrodos do IC e nove meses após a mesma, além do teste de reconhecimento de fala em conjunto aberto, aplicado até 12 meses de uso do IC. Os resultados apresentaram modificações de 18 para 35 pontos no MAIS, 24 para 34 pontos no MUSS e o reconhecimento de fala passou de 21,4% no momento da ativação para 83,6% após um ano de experiência auditiva via IC.

Lesinski-Schiedat et al. (2004) observaram o desenvolvimento das habilidades auditivas e de linguagem oral durante dois anos, em 116 crianças surdas usuárias de IC, sendo 27 que iniciaram o uso do IC antes de um ano de idade e 89 que receberam o IC entre um e dois anos de idade. No que se refere ao protocolo IT-MAIS, as crianças obtiveram pontuação de 75% e 69%, respectivamente para ambos os grupos, após três meses de estimulação, e aproximou-se dos 80% após os 12 meses. No que tange aos aspectos de desenvolvimento da linguagem oral mensurados pelo protocolo MUSS, observou-se que após três meses de uso do IC, a maioria das crianças já apresentava um

bom desempenho de vocalização, atingindo um percentual de 70% nas questões relacionadas à competência de comunicação oral, sendo que 62% das crianças já tinham a oralidade como forma preferencial de comunicação. No que tange às habilidades de percepção de fala obtidas por meio do teste *Glendonald Auditory Screening Procedure* (GASP), apesar de uma melhora gradual em ambos os grupos ter sido observada ao longo do tempo, a compreensão de fala só foi alcançada após 18 a 24 meses após início da estimulação elétrica.

Waltzman e Roland (2005) realizaram um estudo com 12 crianças que ativaram os eletrodos do IC antes de um ano de idade com o objetivo de verificar a efetividade do dispositivo eletrônico por meio de testes de percepção de fala. Entre outros testes utilizados, os resultados obtidos através do protocolo *Infant-Toddler: Meaningful Auditory Integration Scale* (IT-MAIS) foram em média de 1,75% no período pré-implante e de 76% após seis meses de uso do IC. Esses valores demonstraram melhora significativa no desempenho de percepção de fala nesta população.

Kubo et al. (2008) compararam o desenvolvimento de percepção e produção de fala em 68 crianças divididas em dois subgrupos: 31 crianças usuárias do IC da marca Nucleus com média de idade na ativação do IC de quatro anos e 37 crianças usuárias de IC da marca Clarion com a média de idade na ativação de três anos. Eles avaliaram os resultados longitudinais dos questionários IT-MAIS (até 12 meses após IC) e MUSS (até 36 meses por IC). Dentro destes respectivos intervalos de tempo, a pontuação no IT-MAIS foi de dois para 35 pontos para o primeiro grupo, e de sete para 34 pontos no segundo. Sobre o MUSS a pontuação foi de três para 26 pontos e de sete para 28 pontos para cada grupo, respectivamente. Os resultados mostraram melhora gradual nas habilidades testadas, porém não houve diferença significativa entre os grupos.

Yucel et al. (2009) avaliaram o desenvolvimento das habilidades de percepção e produção de fala através dos protocolos IT-MAIS/MAIS e MUSS em 18 crianças usuárias de IC que foram divididas em dois grupos: o primeiro participou de um treinamento musical e o segundo não. No primeiro grupo a média de idade na cirurgia foi de 49 meses e no segundo de 55 meses. Os questionários foram aplicados antes da cirurgia, e em vários momentos até 24 meses após ativação dos eletrodos. Os resultados não demonstraram diferenças estatisticamente significantes entre os grupos; as médias das pontuações neste intervalo de tempo foram de nove para 40 pontos no IT-MAIS/ MAIS e de seis para 28 pontos no MUSS no primeiro grupo; No segundo grupo, as pontuações foram de nove para 40 pontos no IT-MAIS/MAIS e de quatro para 34 pontos no MUSS.

Chen et al. (2010) compararam o desenvolvimento das habilidades auditivas por meio do protocolo IT-MAIS em 259 crianças com surdez pré-lingual. O teste foi aplicado antes da cirurgia e em diferentes momentos após a mesma até 12 meses após início da estimulação. As crianças foram divididas em três grupos de acordo com a idade no momento cirúrgico: até 18 meses, 19 a 24 meses e 25 a 26 meses; além disso, foram comparadas quanto à presença ou não de treinamento e habilitação auditiva. Os resultados demonstraram que a maioria das crianças apresentou progressiva melhora nas habilidades avaliadas no decorrer do tempo de experiência auditiva, principalmente aquelas que participaram de treinamento e habilitação auditiva. No entanto não houve diferença significativa entre os três grupos.

Melo e Lara (2012) compararam o desempenho auditivo e linguístico de duas crianças com dois anos e cinco meses de idade usuárias de IC há 11 meses; no entanto, apenas uma delas realizava terapia fonoaudiológica. Após aplicação dos protocolos IT-MAIS e MUSS, observou-se que a primeira criança teve desempenho melhor em

comparação à segunda; esta apresentou resultado de 35% e 15% respectivamente para os dois protocolos, enquanto que aquela apresentou resultado de 100% e 52,5% para ambos os testes, respectivamente.

Martines et al. (2013) realizaram um estudo comparando o perfil familiar com o desempenho de performance auditiva, a avaliação de inteligibilidade de fala, os protocolos IT-MAIS e MUSS e o limiar auditivos. Participaram do estudo 28 crianças que realizaram a cirurgia de IC antes dos três anos de idade. Estas foram avaliadas antes da ativação dos eletrodos e acompanhadas até 18 meses após a ativação. As médias dos dados obtidos neste intervalo de tempo demonstraram que estas crianças passaram da categoria um para quatro da percepção auditiva e de um para três na avaliação de inteligibilidade de fala; nos protocolos IT-MAIS e MUSS, as pontuações passaram de sete para 32 pontos, e de quatro para 28 pontos, respectivamente para ambos os testes. O limiar auditivo também diminuiu gradualmente, mostrando melhora em detectar os sons de fala. Os resultados demonstraram evolução gradual em todas as avaliações, sendo que a mesma não teve correlação com o perfil familiar, e sim com o uso continuo do dispositivo eletrônico.

3.2. Potenciais Evocados Auditivos de Longa Latência em crianças usuárias de Implante Coclear

A estimulação auditiva via IC permite que o SNAC passe por diversas modificações, entre elas, aumento no número de fibras que passam a responder aos estímulos sonoros, aumento das conexões sinápticas e aumento da velocidade de transmissão neural. Tais fenômenos geram modificações na morfologia e nos valores de latência das ondas dos PEALL (Sharma et al., 2002a; Sharma et al., 2004; Sharma et al., 20025a; Sharma et al., 2007b). Por este motivo, o monitoramento da maturação cortical

após intervenção via IC por meio deste potencial tem sido fortemente estudado nas últimas décadas (Silva et al., 2013).

Ponton et al. (1996) e Eggermont et al. (1997) iniciaram os primeiros estudos com o objetivo de avaliar a maturação cortical em crianças usuárias de IC por meio dos PEALL. Segundo esses autores, a taxa de maturação em crianças implantadas e em crianças ouvintes ocorre na mesma proporção; as crianças usuárias de IC apresentam diminuição na latência do componente P1 até o final da adolescência, assim como as crianças ouvintes; porém o traçado demora mais tempo para se tornar semelhante ao do adulto, sendo este tempo aproximadamente igual à duração da privação auditiva prévia ao IC. Desta forma os autores sugeriram que estudos longitudinais sejam realizados a fim de confirmar esta hipótese.

Desta forma, Ponton e Eggermont (2001) avaliaram longitudinalmente a maturação do SNAC em sujeitos usuários de IC e em sujeitos ouvintes que tinham entre cinco e 20 anos de idade por meio dos PEALL. A média de idade do diagnóstico foi de um ano e a média do tempo de surdez foi de três anos e meio. A análise dos testes eletrofisiológicos da audição demonstrou que mesmo após um longo período de estimulação auditiva, uma imaturidade cortical ainda persistia em indivíduos usuários de IC demonstrada por uma latência prolongada do componente P1 e de uma morfologia anormal do traçado.

Assim como estes, a maioria dos estudos descritos na literatura apresenta valores de latência por meio de gráficos; essa prática, embora didática, impossibilita descrever com precisão os encontrados em cada estudo (Silva et al., 2013). Dentre os estudos analisados na presente revisão, poucos descreveram precisamente esta variável.

Sharma et al. (2005a) observaram o componente P1 em grupo de crianças precocemente implantadas, ou seja, menores do que três anos e cinco meses de idade,

com valores de latência de 378,18 ms no momento da ativação e de 137,5 ms após 12-18 meses de uso do IC; e, em um grupo de crianças tardiamente implantadas, ou seja, maiores do que sete anos de idade, a média dos valores de latência do componente P1 foi de 245,84 ms na ativação e de 148,55 ms após 12-18 meses após ativação dos eletrodos.

Jang et al. (2008) analisaram a latência do componente P1 em três grupos de sujeitos com idades entre um e 17 anos: um grupo de ouvintes, cujos valores de latência encontrados foram de 61 a 122,5 ms, diminuindo conforme a idade aumentava; um grupo de crianças surdas antes da ativação dos eletrodos do IC, nas quais os valores de latência foram observados entre 110 a 198 ms; e, por fim, um grupo de crianças já usuárias de IC, apresentando valores de latência entre 65 a 135 ms.

Ainda Silva et al. (2014), realizaram um estudo com cinco crianças que receberam o IC com idades entre nove e 42 meses. Foi observado valores de latência entre 205 e 322 ms antes da ativação, e entre 151 e 245 após três meses de experiência auditiva.

Após uma revisão de sistemática de literatura, Silva et al. (2013), afirmam que os valores de latência do componente P1 ainda não estão claramente definidos. Encontrou-se na literatura que estes valores, em sujeitos com até 17 anos, variaram de 110 a 378,18 ms antes da ativação do IC e de 65 a 259 ms após experiência auditiva por meio do uso deste dispositivo. Observou-se que, de maneira geral, as latências do componente P1, diminuem gradativamente com a estimulação sonora.

Dentre todos os estudos analisados na presente revisão, apenas um deles descreveu que embora as latências de P1 pareciam estar menos atrasadas em um grupo de crianças usuárias de IC em comparação a outro grupo de crianças ainda não implantadas, esta diferença não foi estatisticamente significante. Os autores afirmaram

que tal achado pode ser justificado à heterogeneidade desta população, considerando que inúmeras variáveis são capazes de influenciar no desenvolvimento do SNAC, e consequentemente, no desenvolvimento das habilidades auditivas e de linguagem. Desta forma, os autores ressaltam que, estudos com esta população, sejam realizados de forma longitudinal, comparando o mesmo indivíduo nos dois momentos: pré e pós-cirurgia de IC onde será possível avaliar a maturação cortical em um mesmo indivíduo (Jang et al., 2010).

No que tange aos aspetos relacionados à morfologia do traçado, autores observaram que, embora as respostas dos usuários de IC evoluam no decorrer do tempo, ainda permanecem diferentes dos resultados das crianças ouvintes, mesmo após dez anos de experiência auditiva via IC (Cardon e Sharma, 2013).

Alguns estudos descreveram a presença de uma negatividade precedendo a onda P1 observada em crianças usuárias de IC, que por sua vez, vai diminuindo em latência e amplitude até desaparecer completamente de acordo com a experiência de uso do IC (Sharma et al., 2002a; Sharma et al., 2004; Sharma et al., 2005a; Sharma et al., 2005b; Sharma et al., 2007b).

Um aspecto muito importante discutido na literatura pesquisada são as modificações do componente P1 com relação à idade na ativação do IC. Muitos autores defenderam a existência de um período sensível em que a estimulação deve ser iniciada para maior eficácia clínica.

Sharma et al. (2002b) analisaram o desenvolvimento das vias aditivas centrais por meio dos PEALL em 104 sujeitos usuários de IC com idades entre um e 17 anos. Observou-se que crianças que realizaram o procedimento cirúrgico antes dos três anos e cinco meses de idade apresentaram respostas esperadas para a idade cronológica dentro de seis meses após o início da estimulação elétrica. Por outro lado, aqueles que

receberam intervenção após os sete anos de idade, apresentaram valores de latência do componente P1 aumentados para a faixa etária. Os autores concluíram que a estimulação elétrica via IC deve ser iniciada, preferivelmente, até os três anos e cinco meses de idade, visto que até esta idade o SNAC é maximamente plástico.

Outros estudos realizados alguns anos depois também confirmaram este achado. Sharma et al. (2005a) observaram que, no momento da ativação, as crianças implantadas antes dos três anos de idade apresentaram as latências do componente P1 mais atrasadas do que as implantadas tardiamente; no entanto, nestas a diminuição da latência de P1 foi mais lenta do que naquelas. Após 12 a 18 meses de uso do IC, a morfologia ainda não estava adequada nas crianças tardiamente implantadas.

Ainda, Sharma et al. (2009) comparou o traçado de duas crianças, sendo uma implantada precocemente e a outra tardiamente, e observou que na primeira o componente P1 estava dentro da normalidade, porém na segunda, o traçado e a latência da onda estavam anormais com presença de ondas polifásicas.

Considerando que a plasticidade do SNAC pode gerar modificações no traçado dos PEALL, um questionamento observado na literatura diz respeito ao tempo de uso do IC para que os valores de latência do componente P1 atinjam o esperado em crianças ouvintes. Após análise de alguns estudos observou-se que este tempo é muito variável. Sharma et al. (2004) observaram duas crianças que ativaram o IC com 13 e 14 meses de idade, e verificaram que após uma semana de uso do IC, o traçado se assemelhava com os de recém-nascidos ouvintes, atingindo os valores de normalidade para a faixa etária três meses após a ativação. Sharma et al. (2005a) afirmou que, em crianças precocemente implantadas, o traçado atingiu a normalidade para a idade cronológica após seis e oito meses de uso do IC, ao passo que as crianças que iniciaram o uso do IC tardiamente o traçado começou a se modificar 12 a 19 meses após ativação. Ainda

Bauer et al. (2006) observou crianças implantadas, bilateralmente, antes dos dois anos de idade e observou normalidade entre um e três meses pós IC.

3.3 Correlação entre as medidas comportamentais de audição e linguagem e os Potenciais Evocados Auditivos de Longa Latência

Considerando que o monitoramento do desenvolvimento auditivo pode ser medido por meio de avaliações eletrofisiológicas e comportamentais, estudos combinaram os resultados dos testes eletrofisiológicos por meio dos PEALL com avaliações comportamentais.

Sharma et al. (2004) investigaram os valores de latência do componente P1 e os comportamentos comunicativos de duas crianças implantadas com 13 e 14 meses de idade. Ao comparar esses dois aspectos antes e em vários momentos após a implantação, os pesquisadores observaram que conforme a latência do componente P1 foi diminuindo, as vocalizações predominantes passaram de pré-canônicas para canônicas. Os autores concluíram que, com a estimulação elétrica, as latências de P1 diminuem rapidamente refletindo mudanças plásticas das vias auditivas centrais que favorecem o desenvolvimento das habilidades comunicativas.

Sharma et al. (2005b) realizaram um monitoramento dos resultados dos PEALL e das habilidades auditivas e de linguagem oral em três crianças, sendo que uma recebeu intervenção por meio do AASI e duas receberam indicação cirúrgica de IC. Os autores observaram que nos três casos, a melhora no desempenho auditivo e de linguagem oral, foi concomitante à diminuição de latência do componente P1.

Dinces et al. (2009) ao avaliar três crianças que iniciaram o uso do IC tardiamente (com mais de sete anos de surdez pré-lingual), observaram que a melhora nas habilidades comunicativas após ativação do IC teve correlação proporcional com a

experiência auditiva pré-implante. Para estas autoras, evidências dos PEALL nos primeiros meses de uso do IC indicam presença de plasticidade do sistema auditivo mesmo em alguns adolescentes implantados tardiamente. Os resultados sugeriram que os achados dos PEALL podem preceder a melhora das habilidades comunicativas. Os autores concluíram que crianças que mostram evolução nas respostas eletrofisiológicas podem apresentar melhor compreensão de fala e consequentemente maior sucesso na reabilitação auditiva.

Alvarenga et al. (2012) avaliaram os PEALL correlacionando-os com a percepção de fala por meio do protocolo GASP, e secundariamente, a outras variáveis relacionadas ao IC, em indivíduos com Espectro da Neuropatia Auditiva, usuários de IC. Participaram do estudo 14 crianças, com idade entre quatro e 11 anos. Nos resultados dos PEALL verificou-se a latência do componente P1 em média de 97 ms para crianças com desempenho bom nos testes de percepção de fala e de 134,25 ms para aquelas que tinham desempenho ruim. Os resultados da avaliação dos PEALL tiveram correlação com o tempo de privação sensorial e com o desempenho na percepção de fala, ou seja, quanto menor a latência de P1, menor foi o tempo de privação auditiva e melhor foi o desempenho na percepção de fala.

Ainda em crianças com Espectro da Neuropatia Auditiva, Sharma et al. (2011) avaliaram 21 crianças com idade entre nove meses e 11 anos de idade. Eles observaram que as crianças que tinham latência de P1 menor, apresentavam maior pontuação no IT-MAIS. Cardon e Sharma (2013) reaplicaram os dados em uma nova amostra de 24 crianças, com média de idade na implantação de três anos, e confirmaram este achado.

Por outro lado, Alvarenga et al. (2013) avaliaram longitudinalmente os PEALL e o questionário IT-MAIS em dez crianças usuárias de IC, com idade entre um e cinco anos. Os valores médios obtidos da latência de P1 foram de 313, 259 e 177 ms, no

período pré-ativação e três e seis meses após, respectivamente. Quanto ao IT-MAIS se observou para o mesmo intervalo de tempo, percentual menor do que 25% inicialmente, seguido de 54% e 75 % nas avaliações sequentes. Apesar de ambos os testes mostrarem evolução com a estimulação auditiva, não houve correlação estatística entre eles.

Ainda comparando a avaliação eletrofisiológica e comportamental, outro estudo comparou os valores do componente P1 como os resultados da reabilitação dividindo as crianças usuárias de IC em dois subgrupos: com reabilitação adequada (uso efetivo do IC e terapia fonoaudiológica com abordagem aurioral três vezes por semana) e com reabilitação inadequada (não usavam efetivamente o IC e não compareciam regularmente às sessões de terapia). Observou-se que no primeiro grupo os valores de latência eram menores (em média 94 ms) em relação ao segundo grupo (em média 129 ms). Além disso, a amplitude da onda era maior nas crianças com reabilitação adequada. Os autores concluíram que a avaliação dos PEALL pode ser uma ferramenta clínica útil para verificação da reabilitação auditiva (Thabet e Said, 2012).

Quanto à morfologia, Gordon et al. (2008) verificaram na avaliação eletrofisiológica um pico positivo de grande amplitude, tanto em crianças com desempenho bom quanto com desempenho ruim de percepção de fala. No entanto, verificou-se que em indivíduos com boa percepção de fala, uma única onda positiva era observada; por outro lado, àqueles com percepção de fala ruim, um pico negativo precedia o pico positivo.

Ainda, Thabet e Said (2012) comparam a morfologia do traçado em dois grupos de crianças de acordo com a frequência e adesão à reabilitação auditiva, como adequada ou não adequada. Foi observada morfologia mais definida no primeiro grupo, enquanto no segundo, o traçado foi composto por ondas polifásicas, que são ondas positivas e negativas, dispostas desordenadamente, sem manter um padrão de reprodução mesmo

após vários registros. Segundo os autores, essa é uma característica encontrada em um SNAC não estimulado.

Metodologia

4. METODOLOGIA

4.1. Tipo de estudo e aspectos éticos

Estudo clínico do tipo longitudinal em crianças com perda auditiva neurossensorial bilateral, com indicação cirúrgica para a utilização do IC como forma de intervenção no processo de habilitação auditiva.

A pesquisa foi desenvolvida no Departamento de Fisioterapia, Fonoaudiologia e Terapia Ocupacional em conjunto com a o grupo de IC do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (HCFMUSP).

O estudo foi aprovado pela Comissão de Ética da CAPPesq do HCFMUSP, sob o processo de número 0319/11 e os procedimentos foram realizados após assinatura de Termo de Consentimento Livre e Esclarecido pelos pais ou respectivos responsáveis pelos pacientes.

4.2. Casuística

A amostra foi composta por 22 crianças, de ambos os gêneros, com idade até 5 anos e 11 meses, distribuídas igualmente em dois grupos descritos a seguir:

4.2.1. Grupo Estudo

A seleção da amostra para compor o Grupo Estudo (GE) foi realizada adotando os seguintes critérios de inclusão:

- Crianças de até 5 anos e 11 meses de idade com perda auditiva neurossensorial de grau severo e/ou profundo bilateral pré-lingual, que realizaram a cirurgia de IC unilateral, com inserção total dos eletrodos e que estavam aguardando a ativação dos eletrodos do IC;

- Uso efetivo do IC (oito horas ou mais por dia);
- Frequentar regularmente terapia fonoaudiológica;
- Residir no estado de São Paulo;
- Ausência de comprometimento neurológico ou cognitivo, ou outras alterações que pudessem comprometer o desenvolvimento auditivo e de linguagem, verificado no prontuário médico do paciente no grupo de IC do HCFMUSP.

Considerando tais critérios foram contatadas, no total, 31 famílias para compor o GE; destas, nove não aceitaram participar. Dentre as 22 que aceitaram, 11 não compareceram em todas as avaliações ou as crianças não permitiram a realização de todos os procedimentos e foram, portanto, excluídas da amostra (Figura 1).

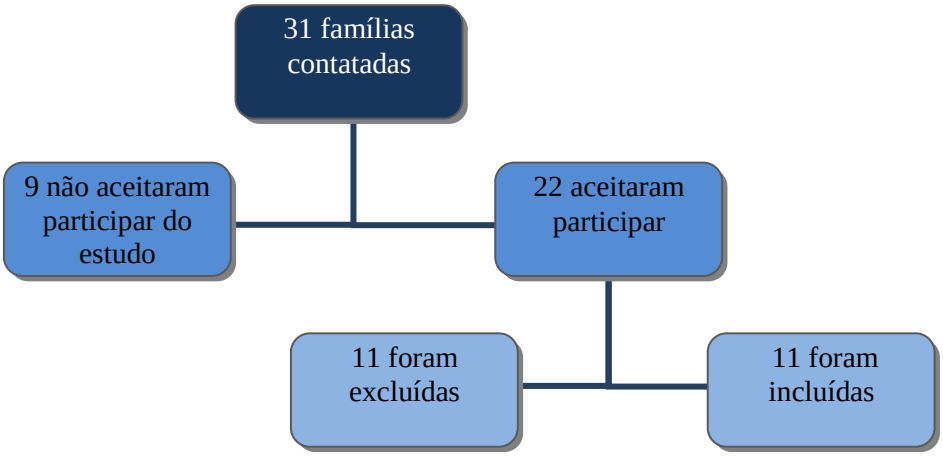


Figura 1- Fluxograma com síntese do processo de inclusão dos sujeitos no GE

Desta forma, 11 crianças foram avaliadas, sendo seis do gênero feminino e cinco do gênero masculino, com média de idade no momento da ativação de 35,36 meses (mínimo de 17 meses e máximo de 66 meses). O tempo de uso de AASI, previamente à cirurgia do IC, foi em média de 18,55 meses (mínimo de um mês e máximo de 36

meses) (Tabelas 1 e 2). Todas as crianças deste grupo frequentavam creche ou escola infantil regular.

Tabela 1- Caracterização da amostra do GE

Sujeitos	Gênero	Idade na ativação (m)	Etiologia	Lado implantado	Fabricante do IC
1	F	17	Indefinida	D	Cochlear Corporation
2	M	20	Indefinida	E	Med-El
3	F	21	Indefinida	D	Cochlear Corporation
4	M	26	Indefinida	D	Advanced Bionics
5	F	31	Genética	D	Neurelec
6	F	33	Indefinida	E	Cochlear Corporation
7	M	35	Genética	D	Med-El
8	M	37	Indefinida	D	Cochlear Corporation
9	F	49	Indefinida	D	Neurelec
10	M	54	Indefinida	D	Neurelec
11	F	66	Genética	D	Med-El

Legenda: F- Feminino, M- Masculino, m- meses, D- Direita, E- Esquerda, IC- Implante Coclear

Tabela 2- Distribuição de frequência das características do GE

Variáveis		Número de Ocorrência	%
Gênero	Feminino	6	54,5
	Masculino	5	45,5
Etiologia	Genética	3	27,3
	Indefinida	8	72,7
Lado implantado	Direito	9	81,8
	Esquerdo	2	18,2
Fabricante do IC	Advanced Bionics	1	9,1
	Med-El	3	27,3
	Neurelec	3	27,3
	Coclhear Corporation	4	36,3

4.2.2. Grupo Controle

Para compor o Grupo Controle (GC) foi realizado contato com diretoras de creches, que permitiram enviar uma carta convite aos responsáveis de cada aluno, e por meio de contato com amigos e familiares que se dispuseram trazer seus filhos para participar do estudo.

Para seleção dos sujeitos do GC, foram adotados os seguintes critérios de inclusão:

- Crianças com audição normal, cuja perda auditiva foi descartada de acordo com os seguintes testes, e seguindo os seguintes critérios de normalidade:
  - Medidas de imitância acústica com curva timpanométrica tipo A e reflexos acústicos presentes nas frequências de 500, 1000, 2000 e 4000 Hz, ipsi e contralateralmente (Jerger, 1970);
  - Testes comportamentais que foram selecionados de acordo com o grau de compreensão do teste pela criança:
    - Audiometria de observação comportamental por meio de instrumentos musicais (sino, guizo, agogô, coco, tambor, chocalho e black-black) onde a criança deveria localizar a fonte sonora com instrumentos percutidos em fraca intensidade;
    - Audiometria tonal convencional ou condicionada, com limiares auditivos inferiores a 20 dB NA em todas as frequências testadas (ao menos 500, 1.000, 2.000 e 4.000 Hz);
  - Limiar de reconhecimento de fala com palavras ou ordens simples inferiores a 20 dB NA (Northen e Downs, 2005);
  - Com a criança mais nova, onde não foi possível realizar a audiometria (apenas foi possível realizar a avaliação de observação

comportamental), optou-se por realizar o Potencial Evocado Auditivo de Tronco Encefálico para complementar os resultados. O critério de normalidade adotado foi presença das ondas I, III e V a 80 dBnNA para cliques com latências absolutas e interpicos dentro da normalidade para a faixa etária e limiar eletrofisiológico para cliques a 20 dBnNA bilateralmente.

- Crianças sem queixas cognitivas, neuropsicomotoras ou de linguagem, assim como não ter realizado terapia fonoaudiológica prévia. Estes critérios foram descartados por meio de entrevista com a mãe da criança, assim como pela observação da fonoaudióloga.

Desta forma, o GC foi constituído por 11 crianças pareadas às do GE de acordo com idade cronológica e gênero, sendo a média de idade de 36 meses (mínimo de 17 meses e máximo de 63 meses). O critério utilizado para o pareamento de idade foi uma diferença de idade de até três meses entre ambas as crianças.

4.3. Procedimentos

Inicialmente foi realizada uma parceria com a equipe responsável pelo serviço de IC do HCFMUSP, que disponibilizou acesso aos prontuários médico dos pacientes; assim, foram colhidas informações necessárias para selecionar os sujeitos de acordo com os critérios de inclusão pré-estabelecidos e caracterizar a amostra. As crianças que se enquadravam dentro dos critérios de inclusão foram convidadas a participar da pesquisa, por meio de uma carta convite entregue ao responsável pela criança ou por meio de contato telefônico.

4.3.1. Avaliação comportamental de audição e linguagem

Foram utilizados procedimentos padronizados para avaliação comportamental de audição e linguagem. Dois deles foram questionários aplicados aos pais ou responsáveis pela criança:

- **Escala de Integração Auditiva Significativa para Crianças Pequenas:** é um protocolo proposto por Zimmerman-Phillips (1997), traduzido para o português por Castiquini (1998), denominado *Infant-Toddler: Meaningful Auditory Integration Scale* (IT-MAIS), utilizado com os pais de crianças com até três anos e 11 meses, ou o respectivo questionário *Meaningful Auditory Integration Scale* (MAIS), utilizado com pais de crianças com mais de quatro anos de idade. O objetivo deste protocolo é avaliar a percepção de fala em crianças deficientes auditivas. O questionário foi aplicado aos pais ou responsáveis sob a forma de entrevista. É composto por 10 questões simples relacionadas ao comportamento auditivo da criança em diferentes situações do cotidiano (vínculo com o dispositivo eletrônico, atenção aos sons, atribuição de significados aos sons). Cada resposta dos pais/responsáveis recebeu um escore de zero a quatro pontos (0 = nunca; 1 = raramente; 2 = ocasionalmente; 3 = frequentemente; 4 = sempre), que foi pontuado pela fonoaudióloga de acordo com os comentários feitos pelo responsável da criança. O resultado foi calculado somando-se o número total de pontos acumulados em cada item, sendo possível um escore máximo de 40 pontos, que foi corrigido em porcentagem.

- **Questionário de Avaliação da Linguagem Oral:** é um questionário proposto por Robbins (1990) denominado *Meaningful Use of Speech Scales* (MUSS), e traduzido por Nascimento (1997). Foi aplicado aos pais sob forma de

entrevista. É composto por 10 itens relacionados ao desenvolvimento da linguagem oral (modo, intenção e estratégia de comunicação) destas crianças. O cálculo dos resultados foi obtido somando-se o número total de pontos acumulados em cada item, sendo possível um escore máximo de 40 pontos, que foi corrigido em porcentagem.

Além da aplicação dos questionários aos pais, a fonoaudióloga avaliou a percepção de fala das crianças por meio do protocolo *Glendonald Auditory Screening Procedure* (GASP), proposto por Erber (1982) e traduzido para a língua portuguesa por Bevilacqua e Tech (1996). O objetivo do mesmo é avaliar a percepção de fala de crianças com deficiência auditiva profunda. Compreende seis provas que avaliam desde as habilidades auditivas de detecção até a compreensão da fala: detecção dos sons do Ling (1976); discriminação vocálica (fonemas /a/, /i/ e /u/); discriminação da extensão das vogais: som curto *X* som longo (fonema /a/); reconhecimento fechado de palavras monossílabas, dissílabas, trissílabas e polissílabas; e, compreensão de sentenças simples. As respostas foram registradas em protocolos específicos. Esta avaliação foi aplicada pela pesquisadora, em cabine acústica, em sistema de campo sonoro, utilizando audiômetro clínico, com apresentação dos estímulos na intensidade de 60 dB NPS. As caixas acústicas estavam posicionadas a 90º AZIMUTE. Para impossibilitar a leitura orofacial, a examinadora utilizou um anteparo abaixo dos olhos durante a aplicação deste procedimento.

Conforme o desempenho no GASP, as crianças foram classificadas de acordo com as habilidades auditivas alcançadas: detecção, discriminação, reconhecimento ou compreensão.

4.3.2. Avaliação eletrofisiológica da audição

A avaliação do PEALL foi realizada em sala acusticamente tratada, com a criança em estado de alerta, sentada confortavelmente em uma cadeira reclinável. A mesma foi orientada e incentivada a assistir um filme, sem som, durante a realização do procedimento. Antes de iniciar o procedimento, o funcionamento e a carga da bateria do IC foi verificado.

O equipamento utilizado foi o modelo *Smart EP USB Jr* da marca *Intelligent Hearing Systems (IHS 5020),* que disponibiliza dois canais de estimulação. O canal A foi utilizado quando a captação era do lado direito e o canal B quando a captação era do lado esquerdo. Os posicionamentos de eletrodos seguiram a norma IES 10-20 *International Electrode System* (Jasper,1958): o eletrodo de referência foi posicionado no lóbulo da orelha testada e conectado na entrada negativa; o eletrodo ativo foi posicionado em Cz e conectado na entrada positiva do pré-amplificador, e o eletrodo terra foi posicionado em Fpz e conectado na posição *ground*.

Os eletrodos foram fixados com pasta condutiva para Eletroencefalograma (EEG) da marca Tem 20^{TM} após a limpeza da pele com gel abrasivo para EEG da marca NUPREP. O nível de impedância dos eletrodos aceito para realização do procedimento foi entre 1 e 3 kOhms.

A estimulação acústica foi apresentada em sistema de campo sonoro, com caixas posicionadas em um ângulo de 90º AZIMUTE a 40 cm de distância do lado implantado, nas crianças do GE. O mesmo procedimento foi utilizado com as crianças do GC, sendo a apresentação do estímulo realizada do lado com melhores limiares auditivos.

No que se refere aos parâmetros de estimulação, o PEALL foi registrado por meio de um estímulo de fala, sílaba /ba/, sendo este um estímulo com duração total de 114,88 ms (75 ms de duração da vogal e 18 ms de duração da consoante), *pitch* inicial de 112.4

Hz e final de 111.2 Hz, composto pelos seguintes formantes: F1=818; F2=1.378; F3=2.024; F4=2.800; F5=4.436.

Os estímulos foram apresentados na intensidade de 70 dBnNA, com taxa de apresentação de 1,9 estímulo por segundo, sendo o intervalo inter-estímulo de 416 ms. Outros parâmetros também foram utilizados durante o registro: filtro passa-banda de 1 a 30 Hz, ganho de 100.000, promediação de 512 estímulos e janela de análise da resposta de 0 ms pré-estímulo e 500 ms pós-estímulo (Tabela 3).

Tabela 3- Quadro resumo dos parâmetros utilizados para coleta dos PEALL

Parâmetros utilizados	
Tipo de estímulo	Fala (sílaba /ba/)
Intervalo inter-estímulo	416 ms
Quantidade de estímulos	512
Taxa de apresentação	1,9 est./segundos
Intensidade	70 dBnNA
Filtro passa-banda	1 – 30 Hz
Ganho	100.000
Polaridade	Alternada
Janela de Análise	500 ms
Transdutor	Caixa acústica

Foram coletados dois traçados de cada sujeito para confirmação dos resultados. Para maior fidedignidade dos dados a serem analisados, cada traçado foi avaliado por três juízes (fonoaudiólogas com experiência clínica para análise de PEALL). Foi considerada a marcação de consenso entre as três.

Cada sujeito do GE foi submetido a três diferentes etapas de avaliações, nos seguintes momentos: antes da ativação dos eletrodos do IC, e após três e nove meses de ativação do IC. As crianças do GC também foram avaliadas em três momentos, mantendo-se o mesmo intervalo entre as avaliações padronizado no GE (Figura 2).

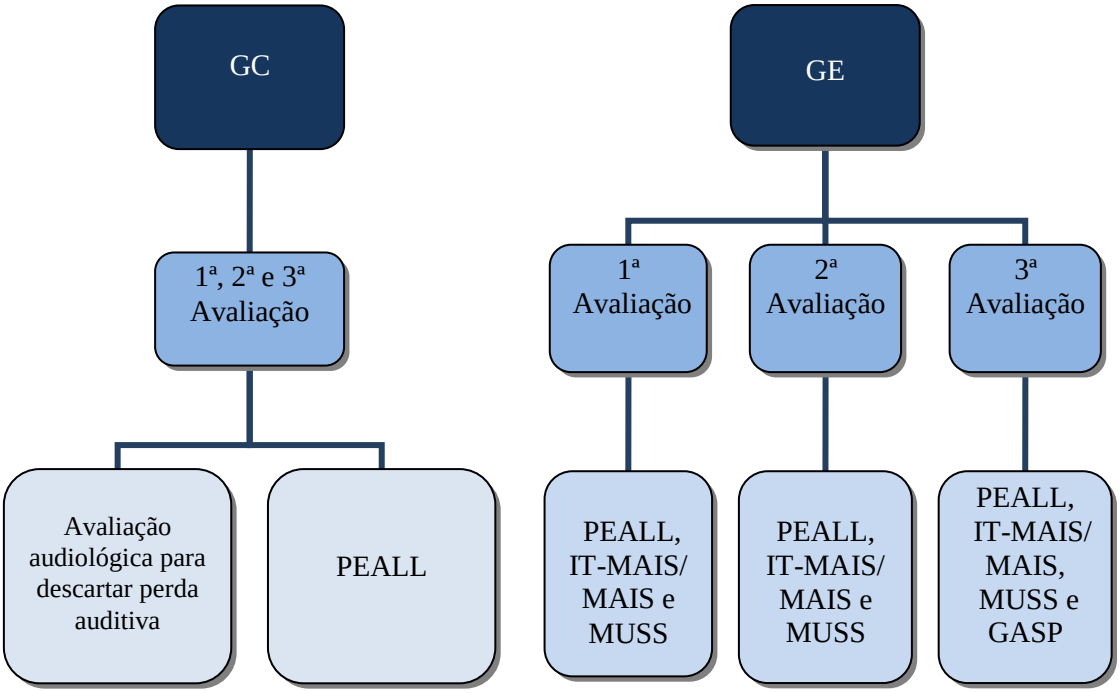


Figura 2- Fluxograma com síntese dos procedimentos realizados em cada momento de avaliação em ambos os grupos

Vale ressaltar que a medida por meio do GASP no GE foi realizada apenas na última avaliação. O pouco tempo de experiência auditiva com o IC e a faixa etária destas crianças dificultou a realização deste procedimento em algumas crianças em todos os momentos de avaliação. Desta forma, para análise de dados do presente estudo, apenas os resultados coletados após nove meses de uso do dispositivo eletrônico foram considerados.

4.4. Análise dos dados

As variáveis do estudo quanto às medidas comportamentais de audição e linguagem avaliadas no GE, foram os percentuais obtidos nos dois questionários (IT-MAIS/MAIS e MUSS), bem como a classificação das habilidades auditivas obtidas por meio do desempenho no GASP.

Quanto à avaliação eletrofisiológica da audição, foram analisados os resultados obtidos dos valores de latência do componente P1 presente nos PEALL monitorado dentro de um intervalo de nove meses de acompanhamento em ambos os grupos.

Os dados coletados foram submetidos à análise estatística no software SPSS versão 22. A análise descritiva foi realizada utilizando a média, mínimo, máximo, mediana, 1º e 3º quartis. Devido à distribuição dos dados não respeitar a normalidade, as comparações foram realizadas por meio de testes não paramétricos. A comparação entre os grupos foi realizada pelo teste de Mann-Whitney e as comparações entre os três momentos de avaliação foram conduzidas pela ANOVA de Friedman e teste *post hoc* de Wilcoxon. O coeficiente de correlação de Spearman foi utilizado para investigar a relação entre as medidas. O nível de significância adotado foi de 5%, estando assinalados com o asterisco (*) os valores de p considerados estatisticamente significantes.

Resultados

5. RESULTADOS

Os dados obtidos no presente estudo serão apresentados a seguir de acordo com as medidas avaliadas:

- Avaliação comportamental de audição e linguagem;
- Avaliação eletrofisiológica da audição;
- Comparação entre as medidas comportamentais e eletrofisiológicas.

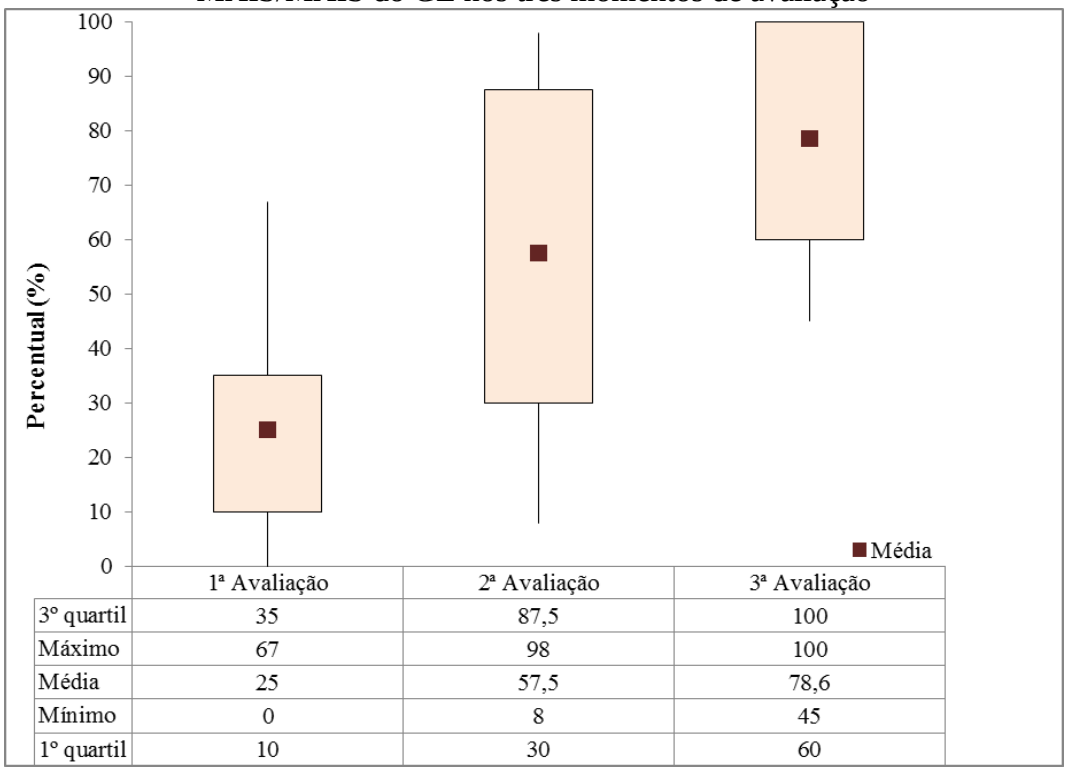
5.1. Avaliação comportamental de audição e linguagem

Os resultados dos desempenhos individuais das crianças do GE no que tange às medidas comportamentais de audição, por meio do questionário IT-MAIS/MAIS, nos três momentos de avaliação (Tabela 4; Gráfico 1) indicaram evolução no decorrer da estimulação auditiva via IC em todos os casos avaliados.

Tabela 4- Resultados individuais dos percentuais obtidos no questionário IT-MAIS/MAIS do GE nos três momentos de avaliação

Sujeitos	IT-MAIS/MAIS (%)		
	1ª Avaliação	2ª Avaliação	3ªAvaliação
1	0	7,5	60
2	15	70	87,5
3	32,5	22	45
4	17,5	37,5	87,5
5	67	87,5	92,5
6	55	87,5	100
7	22,5	30	45
8	10	60	70
9	35	97,5	100
10	5	42,5	77,5
11	15	90	100

Gráfico 1- Estatística descritiva dos percentuais obtidos no questionário IT-MAIS/MAIS do GE nos três momentos de avaliação



	1ª Avaliação	2ª Avaliação	3ª Avaliação
3° quartil	35	87,5	100
Máximo	67	98	100
Média	25	57,5	78,6
Mínimo	0	8	45
1° quartil	10	30	60

Não houve diferença no questionário IT-MAIS/MAIS entre a primeira e segunda avaliação (p=0,165); contudo, houve diferença entre a segunda e terceira avaliação (p=0,032) e entre a primeira e terceira avaliação (p<0,001) (Tabela 5), denotando que quanto maior o tempo de ativação, melhores são os resultados comportamentais na perspectiva dos pais, sendo que a última avaliação mostrou maior diferença.

Tabela 5- Comparação entre os percentuais obtidos no IT-MAIS/MAIS nos diferentes momentos da avaliação no GE

IT-MAIS	Mediana	1º quartil	3º quartil	Estatística	Comparação dos pares
1º avaliação	17,5	10,0	35,0	X^2=20,18	1º = 2º p=0,165
2º avaliação	60,0	30,0	87,5	gl=2	2º ≠ 3º p=0,032*
3º avaliação	87,5	60,0	100,0	p<0,001*	1º ≠ 3º p<0,001*

* diferença estatística p≤0,05 – ANOVA de Friedman com teste *post hoc*

Ainda com relação aos dados comportamentais, houve uma distribuição regular das habilidades auditivas obtidas por meio do desempenho no GASP, sendo que as habilidades alcançadas após nove meses de uso do IC foram detecção e discriminação (Tabela 6).

Tabela 6- Distribuição de frequência das habilidades auditivas do GE

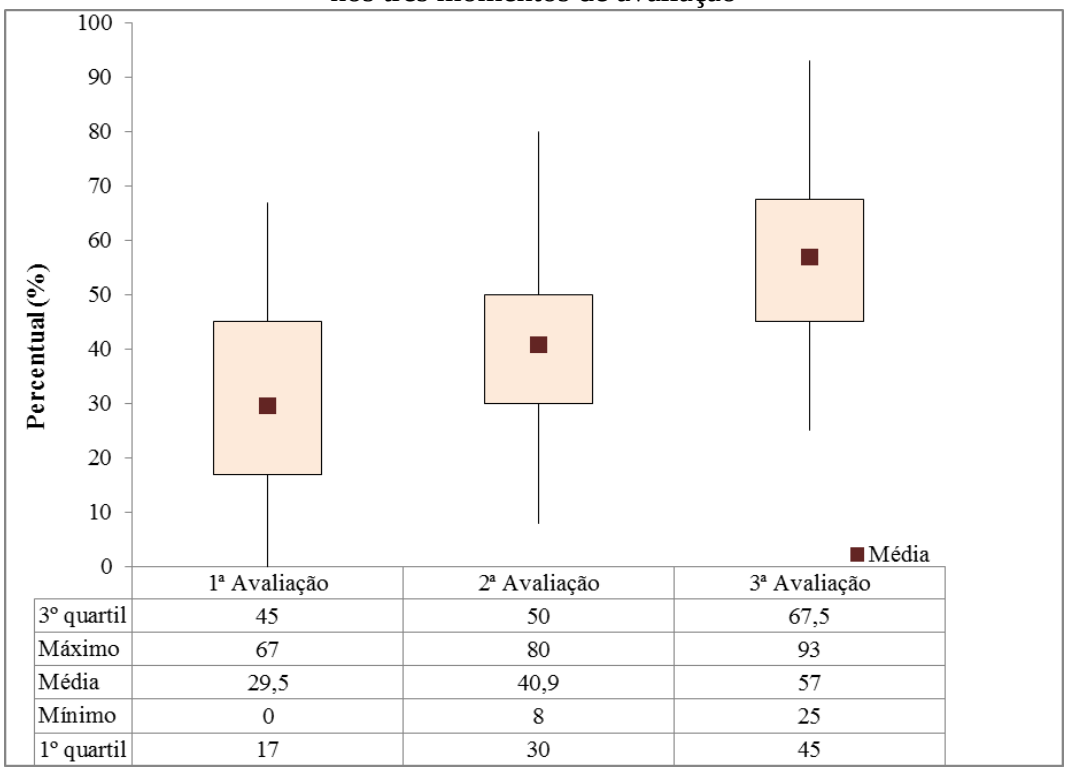
Habilidade Auditiva	**Número de Ocorrência**	**%**
Detecção	6	54,5
Discriminação	5	45,5

Quanto ao desempenho de linguagem oral obtido por meio do questionário MUSS também se observou evolução, na percepção dos pais, com o decorrer da estimulação auditiva (Tabela 7; Gráfico 2).

Tabela 7- Resultados individuais dos percentuais obtidos no questionário MUSS do GE nos três momentos de avaliação

Sujeitos	**MUSS (%)**		
	1ª Avaliação	**2ª Avaliação**	**3ªAvaliação**
1	0	7,5	25
2	17,5	30	52,5
3	17	17,5	32,5
4	40	47,5	45
5	45	57,5	82,5
6	45	50	67,5
7	15	35	47,5
8	22,5	35	65
9	67	80	92,5
10	22,5	45	62,5
11	32,5	45	55

Gráfico 2- Estatística descritiva dos percentuais obtidos no questionário MUSS do GE nos três momentos de avaliação



	1ª Avaliação	2ª Avaliação	3ª Avaliação
3º quartil	45	50	67,5
Máximo	67	80	93
Média	29,5	40,9	57
Mínimo	0	8	25
1º quartil	17	30	45

No MUSS, observou-se que houve diferença entre a primeira e terceira avaliação ($p<0,001$) e entre a primeira e segunda avaliação ($p=0,032$), sendo que a pontuação da primeira avaliação foi significativamente menor com relação às demais, e a segunda avaliação a que apresentou maior evolução nos comportamentos de linguagem oral (Tabela 8).

Tabela 8- Comparação entre os percentuais obtidos no MUSS nos diferentes momentos da avaliação no GE

MUSS	Mediana	1º quartil	3º quartil	Estatística	Comparação dos pares
1º avaliação	22,5	17,0	45,0	X2=20,18	1º ≠ 2º p=0,032*
2º avaliação	45,0	30,0	50,0	gl=2	2º = 3º p=0,165
3º avaliação	55,0	45,0	67,5	p<0,001*	1º ≠ 3º p<0,001*

* diferença estatística p≤0,05 – ANOVA de Friedman com teste *post hoc*

5.2. Avaliação eletrofisiológica da audição

No que tange à análise dos traçados dos PEALL, observou-se no período pré-ativação traçados indefinidos, com presença de vários picos positivos e negativos que não mantinham um padrão de reprodução; desta forma, foi caracterizado como ausência de resposta eletrofisiológica em 100% dos casos avaliados do GE. A partir da segunda avaliação, no entanto, observou-se presença do componente P1 em 100% das crianças, que tornou-se ainda mais definido após nove meses de uso do IC (Figura 3). Por outro lado, nas crianças do GC foi observada presença do componente P1 em 100% dos casos em todos os momentos de avaliação.

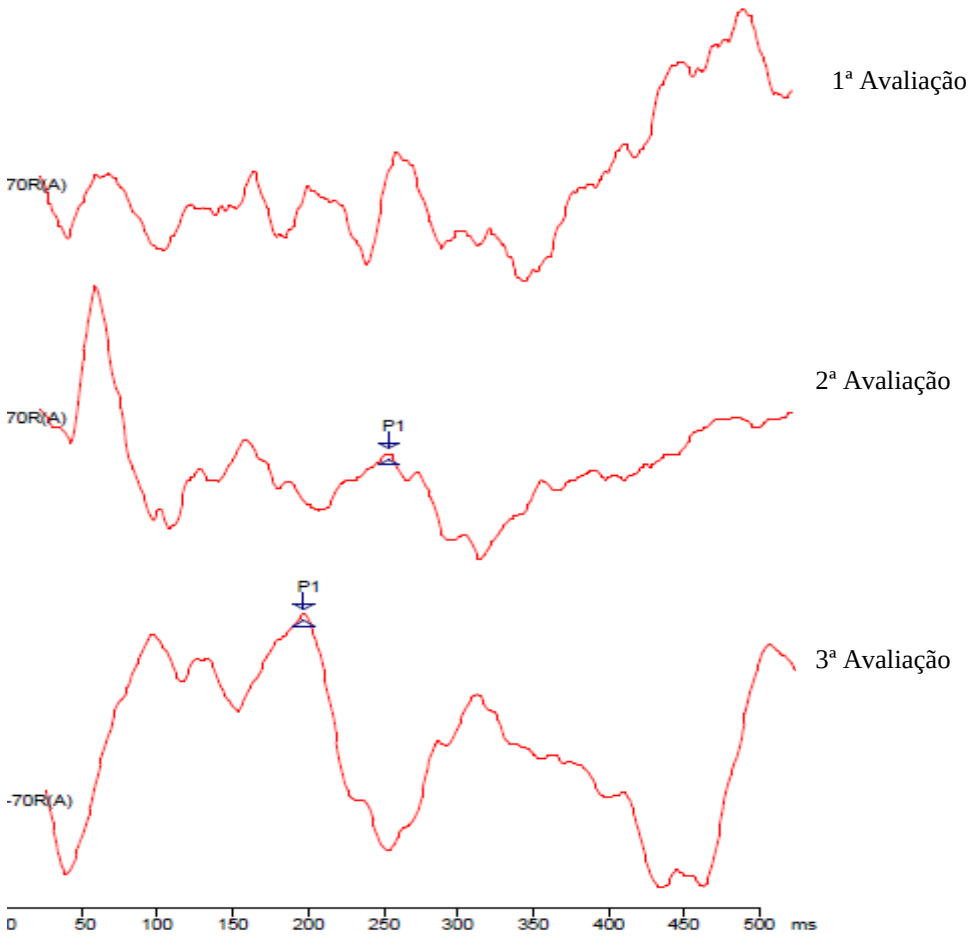


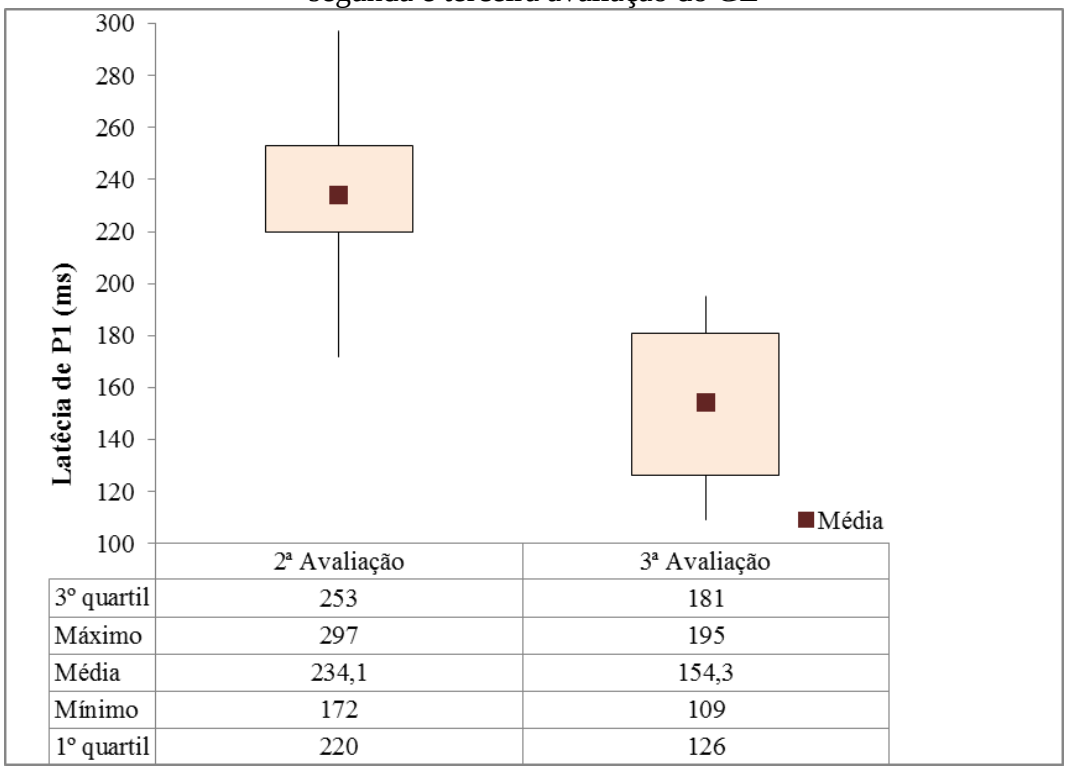
Figura 3- Registro do traçado dos PEALL em uma das crianças do GE nos três momentos de avaliação

Os resultados obtidos na análise dos PEALL, em ambos os grupos, mostraram que com o decorrer do tempo (três e nove meses) houve diminuição dos valores de latência do componente P1 (Tabela 9; Gráficos 3 e 4).

Tabela 9- Resultados individuais dos valores de latência do componente P1 (ms) em ambos os grupos, nos três momentos de avaliação

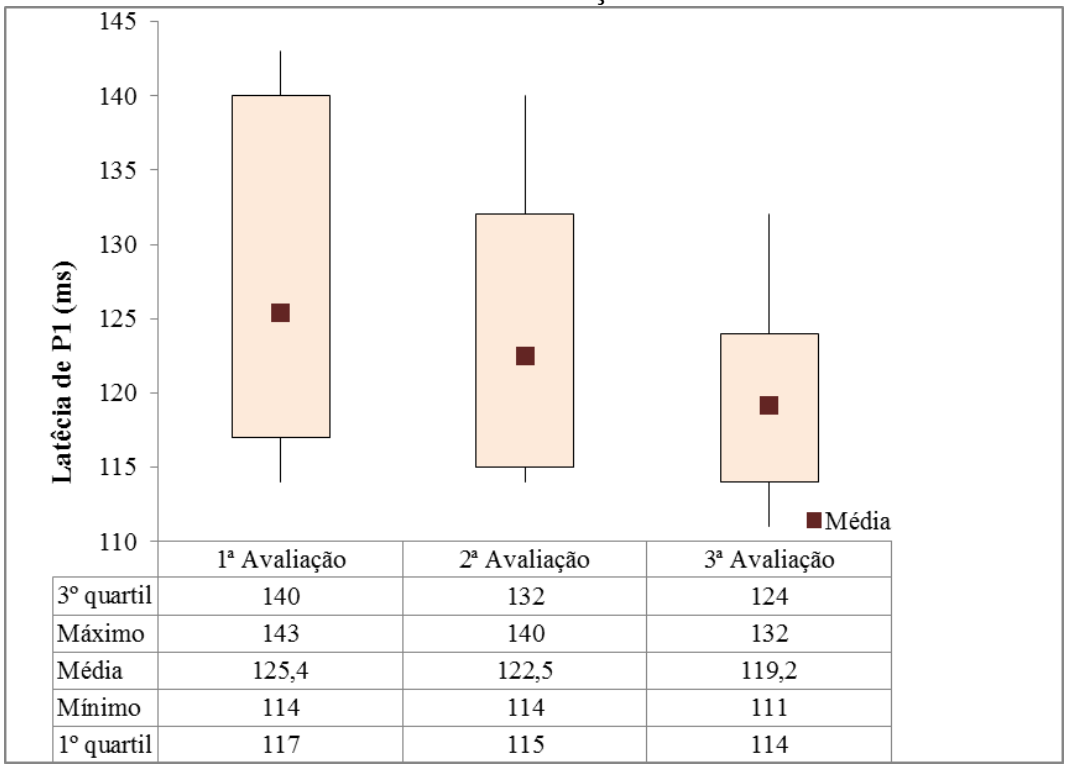
Sujeitos	Grupo Controle			Grupo Estudo		
	1ª Avaliação	2ª Avaliação	3ª Avaliação	1ª Avaliação	2ª Avaliação	3ª Avaliação
1	116	114	114	↓	234	195
2	140	139	129	↓	220	121
3	143	132	132	↓	172	141
4	140	140	124	↓	186	170
5	117	117	116	↓	232	172
6	123	118	111	↓	269	126
7	126	123	122	↓	253	181
8	125	118	118	↓	297	170
9	118	118	118	↓	242	130
10	114	114	113	↓	234	182
11	117	115	114	↓	236	109

Gráfico 3- Estatística descritiva dos valores de latência do componente P1 (ms) na segunda e terceira avaliação do GE



	2ª Avaliação	3ª Avaliação
3° quartil	253	181
Máximo	297	195
Média	234,1	154,3
Mínimo	172	109
1° quartil	220	126

Gráfico 4- Estatística descritiva dos valores de latência do componente P1 (ms) nos três momentos de avaliação do GC



	1ª Avaliação	2ª Avaliação	3ª Avaliação
3° quartil	140	132	124
Máximo	143	140	132
Média	125,4	122,5	119,2
Mínimo	114	114	111
1° quartil	117	115	114

Os sujeitos do GE não apresentaram resposta eletrofisiológica na 1º avaliação. Portanto, apenas os valores de latência do componente P1 na segunda e na terceira avaliação foram comparados. Houve uma redução significante da latência entre ambas as avaliações (p=0,003) (Tabela 10).

Tabela 10- Comparação entre os valores de latência do componente P1 nos diferentes momentos de avaliação no GE

Latências de P1	Mediana	1º quartil	3º quartil	Comparações
2º avaliação	234,0	220,0	253,0	Z=-2,936
3º avaliação	170,0	126,0	181,0	p=0,003*

* diferença estatística p≤0,05 – teste de Wilcoxon

Ao comparar os três momentos de avaliação eletrofisiológica no GC, observou-se diminuição dos valores de latência do componente P1, com diferença estatisticamente significante (p=0,001) apenas entre a primeira e a terceira avaliação (Tabela 11), indicando que após nove meses de experiência auditiva houve mudança significativa.

Tabela 11- Comparação entre os valores de latência do componente P1 nos diferentes momentos de avaliação no GC

Latências de P1	Mediana	1º quartil	3º quartil	Estatística	Comparação dos pares
1º avaliação	123,0	117,0	140,0	X^2=17,0	1º = 2º p=0,210
2º avaliação	118,0	115,0	132,0	gl=2	2º = 3º p=0,210
3º avaliação	118,0	114,0	124,0	p≤0,001*	1º ≠ 3º p=0,001*

* diferença estatística p≤0,05 – ANOVA de Friedman com teste *post hoc*

Para comparar os valores de latência, obtidos em ambos os grupos, foi utilizado o teste de Mann-Whitney. Houve diferença significativa dos valores de latência do componente P1 entre as crianças do GC e do GE, tanto na segunda (p<0,001) quanto na terceira avaliação (p=0,005), demonstrando que nove meses de uso do IC ainda não foram suficientes para igualar os valores de latência entre ambos os grupos (Tabela 12).

Tabela 12- Comparação dos valores de latência do componente P1 entre os grupos nos diferentes momentos de avaliação

Momentos	Grupo	Mediana	1º quartil	3º quartil	U	Z	p
1ª avaliação	**Pesquisa**	-	-	-	-	-	-
	Controle	123,0	117,0	140,0			
2ª avaliação	**Pesquisa**	234,0	220,0	253,0	0,000	-3,979	<0,001*
	Controle	118,0	115,0	132,0			
3ª avaliação	**Pesquisa**	170,0	126,0	181,0	18,000	-2,793	0,005*
	Controle	118,0	114,0	124,0			

* diferença estatística p≤0,05 – teste de Mann-Whitney

5.3. Comparação entre as medidas comportamentais e eletrofisiológicas

Para comparar os valores de latência do componente P1 dos PEALL com as medidas comportamentais de audição e linguagem no GE, nos três momentos de avaliação, foi utilizado o Coeficiente de Correlação de Spearman.

A análise de correlação entre a latência do componente P1 e a medida comportamental de audição por meio do questionário IT-MAIS/MAIS indicou significância estatística apenas para a latência da terceira avaliação e a pontuação do questionário IT-MAIS/MAIS na segunda e terceira avaliação (Tabela 13). Em ambos os

casos a correlação foi negativa, sugerindo que a diminuição da latência ocorreu ao mesmo tempo em que houve o aumento da pontuação do IT-MAIS/MAIS (Gráficos 5 e 6).

No que tange ao questionário MUSS, não houve correlação estatisticamente significativa com a avaliação eletrofisiológica em nenhum momento de avaliação.

Tabela 13- Correlação entre as latências do componente P1 e os questionários IT-MAIS/MAIS e MUSS no GE, nos três momentos de avaliação

	IT-MAIS/MAIS			**MUSS**		
	1º avaliação	**2º avaliação**	**3º avaliação**	**1º avaliação**	**2º avaliação**	**3º avaliação**
Latência de P1	ρ = -0,023	ρ = 0,347	ρ = 0,199	ρ = 0,176	ρ = 0,236	ρ = 0,501
2º avaliação	p=0,947	p=0,296	p=0,558	p=0,604	p=0,485	p=0,116
Latência de P1	ρ = -0,329	ρ = -0,653	ρ = -0,617	ρ = -0,419	ρ = -0,227	ρ = -0,278
3º avaliação	p=0,324	p=0,029*	p=0,043*	p=0,200	p=0,503	p=0,408

* diferença estatística p≤0,05 – Coeficiente de correlação de Spearman

Gráfico 5- Correlação entre a latência do componente P1 na 3ª avaliação e a pontuação do IT-MAIS/MAIS na 2ª avaliação no GE

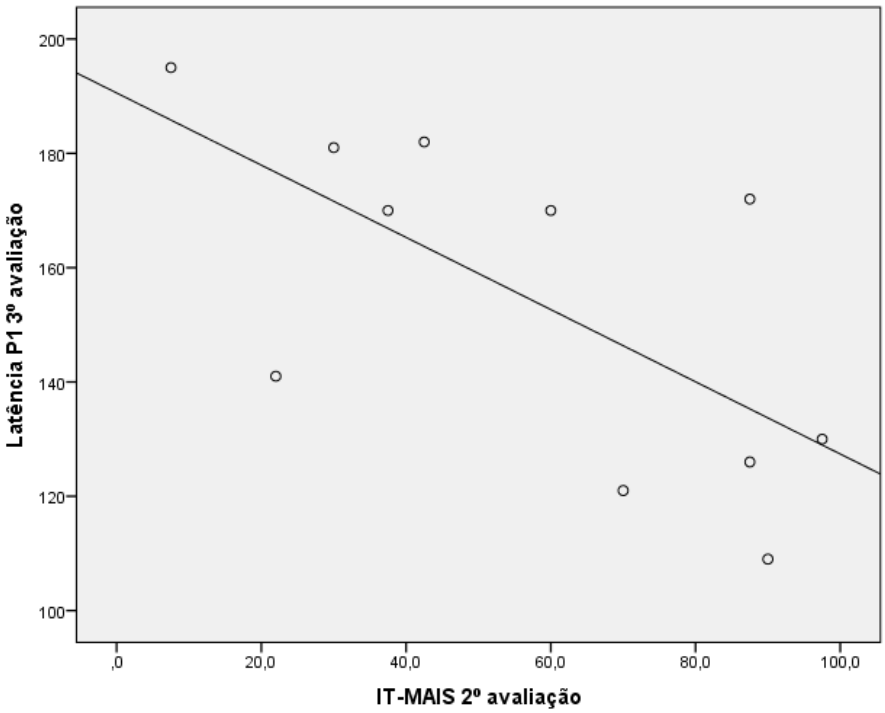
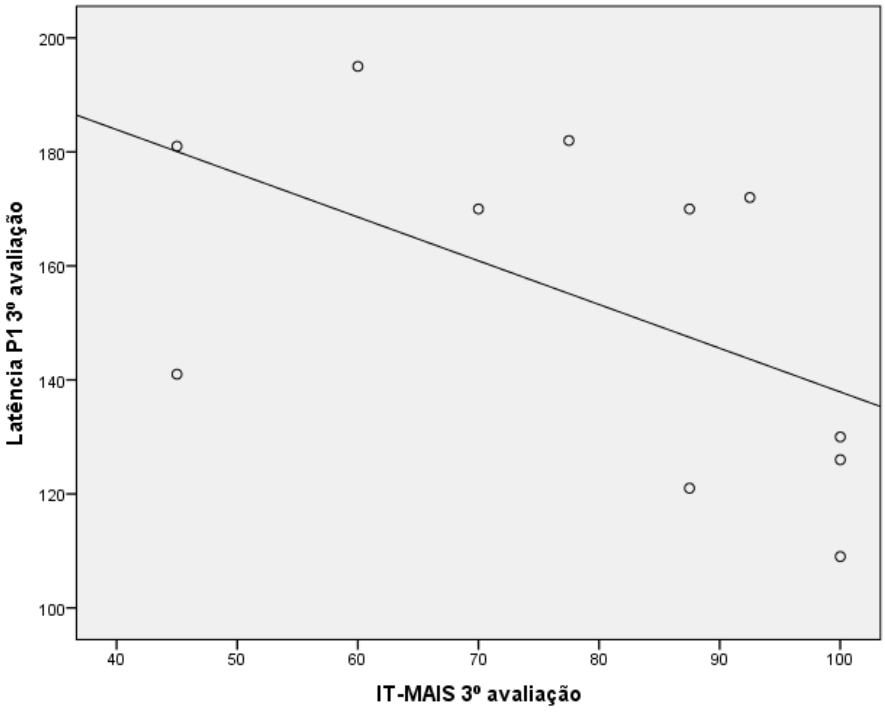


Gráfico 6- Correlação entre a latência da onda P1 na 3ª avaliação e a pontuação do IT-MAIS/MAIS na 3ª avaliação no GE



Considerando que as habilidades auditivas obtidas por meio do GASP consistiram em apenas duas variáveis - detecção e discriminação - , não foi possível realizar a investigação da correlação. Porém, optou-se por subdividir os sujeitos do GE de acordo com as habilidades auditivas alcançadas (detecção ou discriminação) e comparar estes subgrupos com os resultados obtidos nas demais avaliações por meio do teste de Mann-Whitney.

O desempenho nas três medidas (valores de latência do componente P1 e pontuação nos questionários IT-MAIS/MAIS e MUSS) na terceira avaliação foi distinto de acordo com a habilidade auditiva classificada. O subgrupo que obteve melhor habilidade auditiva (discriminação) apresentou menor valor de latência de P1, bem como maior pontuação no IT-MAIS/MAIS e no MUSS (Tabela 14).

Tabela 14- Comparação do desempenho na 3ª avaliação de acordo com a habilidade auditiva obtida no GASP no GE

Medida	Habilidade Auditiva (GASP)	Mediana	1º quartil	3º quartil	U	z	p
Latência de P1	Detecção	175,50	162,75	185,25	3,000	-2,196	0,028*
	Discriminação	126,00	115,00	151,00			
IT-MAIS/ MAIS	Detecção	65,00	45,00	80,00	0,500	-2,684	0,007*
	Discriminação	100,00	90,00	100,00			
MUSS	Detecção	46,25	30,63	63,13	4,000	-2,008	0,045*
	Discriminação	67,50	53,75	87,50			

* diferença estatística p≤0,05 – teste de Mann-Whitney

Não foi encontrada correlação estatística entre a idade de ativação e o desempenho nas diferentes avaliações (eletrofisiológica e comportamentais) nos diferentes momentos de avaliação para o GE (Tabela 15).

Tabela 15- Correlação entre o desempenho nas avaliações eletrofisiológica e comportamentais e a idade de ativação (meses) no GE, nos diferentes momentos de avaliação

		P1		IT-MAIS / MAIS			MUSS		
		2º avaliação	3º avaliação	1º avaliação	2º avaliação	3º avaliação	1º avaliação	2º avaliação	3º avaliação
Idade na	ρ	0,560	-0,182	0,005	0,569	0,396	0,434	0,511	0,582
ativação	p	0,073	0,592	0,989	0,067	0,228	0,183	0,108	0,060

* diferença estatística p≤0,05 – Coeficiente de correlação de Spearman

Discussão

6. DISCUSSÃO

O objetivo geral do presente estudo foi acompanhar a maturação cortical em crianças usuárias de IC, por meio de medidas comportamentais de audição e linguagem, e medidas eletrofisiológicas. Para maior clareza, este capítulo seguirá a mesma subdivisão em que foram apresentados os resultados.

6.1. Avaliação comportamental de audição e linguagem

O desenvolvimento das habilidades auditivas ocorre gradativamente e é dependente da maturação das vias auditivas centrais. Por meio do processo de (re) habilitação auditiva (via IC e por meio de terapia fonoaudiológica), o acesso aos sons de fala fornecido pelo IC possibilita que novas conexões neuronais incidam no SNAC; estas se tornam cada vez mais fortalecidas promovendo gradativamente o desenvolvimento das habilidades auditivas (Ouellet e Cohen, 1999).

Ao longo de nove meses de monitoramento do desenvolvimento auditivo em crianças usuárias de IC, notou-se gradativas mudanças nos comportamentos auditivos sob perspectiva dos pais, mensuradas por meio do questionário IT-MAIS/MAIS.

Embora haja uma variação grande de dados descritos na literatura, as médias dos resultados obtidos entre as três avaliações no IT-MAIS/MAIS (25%, 57,5% e 78,6%), de maneira geral, corroboram os achados de outros estudos prévios. Autores que avaliaram crianças de faixa etária semelhante (Kubo et al., 2008; Yucel et al., 2009; Martines et al., 2013) evidenciaram, no IT-MAIS/MAIS, escore médio variando entre 5% e 22,5% antes da ativação do IC, 22,5% e 82,5% após três meses de uso do IC, 40% e 90% após seis meses, e 62,5% e 97,5% após 12 meses de uso.

Outros estudos que avaliaram crianças que receberam o IC em idade inferior à do presente estudo observaram escores mais altos dentro de um menor período de tempo. Waltzman e Roland (2005) realizaram um estudo com crianças que ativaram os eletrodos antes de um ano de idade, as quais obtiveram no IT-MAIS, média de 1,75% no período pré-implante e de 76% após seis meses de uso do IC. Ainda, Lesinski-Schiedat et al. (2004), ao avaliar crianças que implantaram entre um e dois anos de idade, observaram desempenho no IT-MAIS em torno de 70% após três meses de estimulação, aproximando-se dos 80% após os 12 meses.

Segundo Robbins (2015) é esperado que as crianças alcancem no IT-MAIS percentual de 30% após três meses de experiência auditiva com o uso do IC, e que após 10 meses obtenham percentual de cerca de 70%.

Esses dados sugerem que, com a estimulação auditiva via IC, uma evolução das habilidades auditivas pode ser observada ao longo do processo de habilitação. Na percepção dos pais, observou-se melhora no comportamento auditivo durante a intervenção, e verificou-se que as diferenças mais significativas foram observadas após nove meses de estimulação via IC.

Considerando que na primeira avaliação do IT-MAIS/MAIS as perguntas foram direcionadas ao comportamento auditivo com o uso do AASI, e na segunda avaliação foram direcionadas ao comportamento auditivo com o uso do IC, notou-se que três meses não foram suficientes para uma melhora significativa sob a perspectiva dos pais. Contudo, após nove meses de uso do IC os pais relataram observar uma melhora significativa no comportamento auditivo, o que denota que diferenças importantes nas respostas comportamentais exigem um tempo maior de experiência com o novo dispositivo para serem notadas.

Ressalta-se que para a aquisição de novas habilidades auditivas um tempo de adaptação com o novo dispositivo se faz necessário. Além disso, o desenvolvimento das habilidades auditivas vai além do acesso aos sons; este processo está inteiramente relacionado a algumas variáveis que acontece de forma gradativa, tais como funções cognitivas de atenção e memória, grau de envolvimento familiar no processo de intervenção, treinamento e (re) habilitação auditiva, entre outras (Ouellet e Cohen, 1999; Chen et al., 2010; Melo e Lara, 2012).

Nikolopoulos et al. (2004) realizaram um estudo com o objetivo de analisar quais seriam as variáveis que mais poderiam interferir no desenvolvimento das habilidades auditivas e de linguagem em crianças usuárias de IC implantadas antes dos dois anos de idade. Os resultados demonstraram que a variável que mais interferiu foi a capacidade de aprendizagem das crianças, explicando até 29% da variância, seguido do tempo de privação sensorial, da idade na ativação dos eletrodos e da estrutura familiar.

Chen et al. (2010), ao acompanhar o desenvolvimento das habilidades auditivas por meio do protocolo IT-MAIS em 259 crianças com surdez pré-lingual que receberam o IC entre 18 e 26 meses de idade, observaram que a maioria das crianças apresentou progressiva melhora nas habilidades avaliadas no decorrer do tempo de experiência auditiva, principalmente aquelas que participavam do treinamento e (re) habilitação auditiva.

No presente estudo, observou-se que, após nove meses de uso do IC, 54,5% das crianças alcançaram habilidade auditiva de detecção, e 45,5% atingiram a discriminação de acordo com o desempenho obtido no GASP. Essas variações ocorrem, pois apesar do SNAC ser altamente plástico, a maturação das vias auditivas centrais é dependente de fatores intrínsecos, que estão relacionados à susceptibilidade individual, e fatores extrínsecos, que dizem respeito à exposição do indivíduo às variáveis ambientais

(Boéchat, 2010). Nos casos de crianças usuárias de IC, há muitos fatores intrínsecos e extrínsecos que claramente interferem nos resultados da (re) habilitação, tais como: tempo de privação sensorial, idade na ativação, terapia fonoaudiológica, estimulação efetiva da audição, motivação e empenho da família, habilidades cognitivas, exposição à linguagem oral prévia à deficiência auditiva, presença de outras alterações associadas à deficiência auditiva, presença de audição residual, entre outros (Ouellet e Cohen, 1999; Geers et al., 2007; Chen et al., 2010; Melo e Lara, 2012).

Desta forma, o ritmo de desenvolvimento não é o mesmo para todas as crianças e os resultados em longo prazo aparecem gradativamente com o decorrer da experiência auditiva (Tanamati et al., 2011). Outros estudos que acompanharam crianças com mais tempo de experiência auditiva por meio do IC, observaram o aprendizado gradual de outras habilidades, não alcançadas pelas crianças do presente estudo ao longo de nove meses de uso do IC.

Nikolopoulos et al. (1999) avaliaram o desenvolvimento da percepção de fala em um grupo de 133 crianças, com experiência de uso do IC entre um e seis anos. Os autores observaram que, após um ano de experiência auditiva via IC, a maioria das crianças discriminava sons de fala e que, após seis anos, a maioria já compreendia a conversação sem leitura labial. Lesinski-Schiedat et al. (2004) observaram que, em crianças que receberam o IC até dois anos de idade, embora tenha-se verificado uma melhora gradual ao longo do tempo no teste GASP, a compreensão de fala só foi observada de 18 a 24 meses após o início da estimulação elétrica.

Outro aspecto avaliado no presente estudo, diz respeito ao desempenho de linguagem oral; notou-se que os benefícios do IC não se restringiram apenas ao âmbito auditivo. Por meio do questionário MUSS, os pais também relataram melhora nos comportamentos de linguagem oral. Observou-se pontuação crescente ao longo do

tempo, com valores médios de 29,5%, 40,9% e 57%, respectivamente na primeira, segunda e terceira avaliação. Outros estudos (Kubo et al., 2008; Yucel et al., 2009; Martines et al., 2013) observaram escores entre 7,5% e 17,5% antes da ativação do IC, 20% e 45% após três meses de uso do IC, 35% e 50% após seis meses, e 62,5% e 70% após 12 meses de uso.

Calmels et al. (2004) avaliaram 63 crianças que realizaram a cirurgia entre um e cinco anos. No que tange aos aspectos de desenvolvimento de linguagem oral, os resultados mostraram que, após três meses de uso do IC, a fala destas crianças ainda era ininteligível, sendo que nove meses após era possível compreender palavras isoladas dentro de um contexto.

No presente estudo observou-se que, na percepção dos pais, a evolução dos comportamentos de linguagem oral foi significativa logo após três meses de uso do IC. Esses dados demonstraram que a estimulação elétrica via IC promoveram diferenças imediatas nos comportamentos de linguagem oral com relação à estimulação via AASI (dados da primeira avaliação). Após nove meses de experiência com o IC, apesar de não ser observada diferença estatística, ainda foi possível visualizar uma evolução nos comportamentos de linguagem na percepção dos pais.

A principal diferença nos comportamentos de linguagem oral referida pelos pais com o uso do IC foi o aumento e melhor desempenho das vocalizações, além da oralidade como principal modo de comunicação. Considerando isto, é possível que o acesso aos sons da fala fornecido pelo IC, não efetivo antes com o uso do AASI, viabilizou melhor *feedback* auditivo propiciando, nessas crianças, maior interesse pela linguagem oral. Segundo Moog e Geers (2010), o melhor acesso aos sons fornecido por meio do IC, combinado ao diagnóstico e a intervenção precoce, privilegiam melhor desenvolvimento das habilidades de linguagem oral.

Geers (2004) observou que crianças que implantaram até os dois anos de idade, obtiveram habilidades de fala e linguagem proporcionais a crianças com audição normal. Em crianças que implantaram entre dois e quatro anos a autora observou que, embora o IC não garanta melhor habilidade de fala e linguagem, as crianças obtiveram melhor expressão e proficiência da língua em comparação às crianças implantadas após os quatro anos. Segundo Robbins et al. (2004), a intervenção cirúrgica por meio do IC, o mais precoce possível, possibilita que crianças adquiram habilidades de comunicação oral, se aproximando de crianças ouvintes da mesma faixa etária.

Anderson et al. (2004), ao avaliarem crianças implantadas antes dos dois anos de idade, observaram que essas crianças alcançaram habilidades auditivas mais rapidamente, permitindo um rápido desenvolvimento de linguagem que, futuramente, refletiu em melhores habilidades de leitura e escrita.

Moret et al. (2007) avaliaram o desempenho auditivo e de linguagem em 60 crianças usuárias de IC, com média de idade de 70 meses e usuárias de IC (em média, há 25 meses), correlacionando com vários fatores, tais como: idade, tempo de privação sensorial auditiva, tempo de uso e tipo do IC, estratégia de codificação de fala, grau de participação da família e desempenho cognitivo da criança. Os resultados mostraram que a maioria das crianças atingiu categoria auditiva e de linguagem intermediárias e avançadas, sendo que o único fator que não apresentou correlação estatística com o desempenho auditivo e linguístico foi o aspecto cognitivo.

Sabe-se que a heterogeneidade deste grupo influencia fortemente nos resultados (Geers et al., 2007). Apesar dessa diversidade de características, bem como da variabilidade de resultados possíveis, a evolução crescente ao longo do tempo é sempre notória.

6.2. Avaliação eletrofisiológica da audição

No que tange à análise dos dados da avaliação eletrofisiológica por meio dos PEALL observou-se, na primeira avaliação, traçados compostos por picos positivos e negativos dispostos desorganizadamente, sem padrão de reprodução. Considerando que a primeira avaliação das crianças usuárias de IC foi realizada no período pós-cirúrgico, porém antes da ativação dos eletrodos, a ausência de *input* auditivo certamente impossibilitou o aparecimento de resposta eletrofisiológica nestas crianças.

Após três meses de uso do IC, já foi possível observar presença do componente P1 em todas as crianças. Com o monitoramento por meio dos PEALL, foi possível notar a maturação do SNAC após nove meses de experiência auditiva via IC, quer seja pela melhor definição dos traçados, bem como pela diminuição dos valores de latência do componente P1 observada em todas as crianças.

Sabe-se que, com a estimulação sensorial da audição, ocorrem modificações morfológicas e funcionais tais como o aumento de neurônios que passam a responder aos estímulos sonoros, ampliação da ramificação dentrítica, aumento da mielinização neuronal, e melhora das conexões e sincronizações sinápticas (Fallon et al., 2009; Jang et al.,2010, Kral e Sharma 2012). Essas modificações anatomo-fisiológicas resultam em modificações na latência e morfologia dos traçados dos PEALL.

Apesar dos valores de latência do componente P1 também serem bem divergentes na literatura (Silva et al., 2013), os dados obtidos no presente estudo na segunda e terceira avaliação (234 e 154 ms) corroboram alguns achados descritos por outros autores. Sharma et al. (2005a) avaliaram a latência do componente P1 em um grupo de crianças que receberam o IC com até três anos e cinco meses de idade, e observaram valores médios de 378,18 ms no momento da ativação e de 137,5 ms após 12-18 meses de uso do IC. Alvarenga et al. (2013) monitoraram 10 crianças com idade entre um e

cinco anos e observaram valores de latência de 313 ms no período pré-ativação, e de 259 e 177 ms após três e seis meses de uso do IC.

Considerando a divergência de dados na literatura referente ao padrão de normalidade dos valores de latência dos PEALL em crianças ouvintes para a faixa etária avaliada no presente estudo (um a cinco anos), bem como a diversidade de protocolos utilizados para registro deste potencial (Wunderlich e Cone-Wesson, 2006), optou-se por utilizar como referência os valores obtidos nas crianças do GC, as quais foram avaliadas sob as mesmas condições das crianças do GE. Observou-se que, após um período de nove meses de acompanhamento, as crianças ouvintes apresentaram uma diminuição significativa dos valores de latência do componente P1; entretanto, ao comparar a taxa de diminuição entre os dois momentos de avaliação nos dois grupos, verificou-se uma diminuição claramente maior entre as crianças usuárias de IC.

Segundo Sharma et al. (2002a), as modificações ocorridas no SNAC a partir da estimulação elétrica via IC acontece muito rapidamente. Existem vários estudos na literatura especializada que observaram crianças que se aproximaram do esperado para a faixa etária após três, quatro, seis e oito meses do início do processo de intervenção via IC (Sharma et al., 2002b; Sharma et al., 2004; Sharma et al., 2005a, Dorman et al., 2007; Sharma et al., 2009). No presente estudo, cinco crianças usuárias de IC aproximaram-se muito dos valores obtidos em crianças ouvintes após nove meses de estimulação; nas demais crianças, os valores de latência do componente P1 mantiveram-se maiores.

Considerando que o percurso do processo de reabilitação pode influenciar diretamente no ritmo de desenvolvimento, os dados obtidos no presente estudo indicaram que o monitoramento de crianças usuárias de IC deve ocorrer em longo

prazo, visto que, para a metade das crianças estudadas, nove meses ainda não foram suficientes para igualar aos valores de latência obtidos em crianças ouvintes.

Apesar de existirem muitos estudos nesta área, não há um consenso sobre o que esperar em crianças ouvintes nesta faixa etária, em razão das variáveis individuais e da diversidade de protocolos existentes para registro dos PEALL (Wunderlich e Cone-Wesson, 2006). Por sua vez, quando referimo-nos às crianças usuárias de IC, onde um número maior de variáveis pode ser capaz de influenciar nos resultados, a dificuldade em padronizar os valores de latência de acordo com o tempo de reabilitação é ainda maior, deixando evidente a presença de um obstáculo científico.

Desta forma, a análise dos PEALL utilizada, principalmente, para monitoramento longitudinal da maturação das vias auditivas centrais, parece ser uma importante ferramenta clínica, capaz de refletir as modificações e a plasticidade do SNAC após intervenção terapêutica. Por esta razão, diversos pesquisadores referenciaram a análise do componente P1 como um biomarcador das modificações neurofisiológicas após intervenção (Sharma et al., 2005b; Dorman et al., 2007; Jang et al., 2010).

6.3. Comparação entre as medidas comportamentais e eletrofisiológicas

Considerando a diversidade de resultados obtidos em crianças usuárias de IC, a utilização de diferentes protocolos se fazem necessários para melhor avaliação dos resultados da intervenção com o IC. Nas últimas décadas, tem sido discutida na literatura a utilização combinada entre medidas comportamentais e eletrofisiológicas para verificação dos benefícios, bem como para nortear o processo terapêutico; no entanto pouco se sabe sobre a correlação entre ambas. Desta forma, um dos objetivos do presente estudo foi comparar os valores de latência do componente P1, obtido por meio dos PEALL, com os dados de avaliações comportamentais de audição e linguagem.

No que tange à comparação da avaliação eletrofisiológica com os questionários aplicados aos pais, houve correlação entre a avaliação eletrofisiológica e o desempenho das habilidades auditivas por meio do questionário IT-MAIS/MAIS. Observou-se que, conforme a latência do componente P1 foi diminuindo com o decorrer da estimulação sonora, houve aumento da pontuação do IT-MAIS/MAIS, denotando que à medida que o desenvolvimento das habilidades auditivas ocorre uma diminuição de latência é observada. Considerando que o componente P1, presente nos PEALL, é uma resposta gerada da atividade bioelétrica do córtex auditivo primário (Martin et al., 2007), a sua relação direta com o desenvolvimento das habilidades auditivas é plenamente justificada.

Em crianças com Espectro da Neuropatia Auditiva, Sharma et al. (2011) e Cardon e Sharma (2013) também observaram correlação entre a diminuição de latência do componente P1 com o aumento da pontuação no IT-MAIS. No entanto, Alvarenga et al. (2013), ao avaliar longitudinalmente os PEALL e o protocolo IT-MAIS, observaram diminuição da latência do componente P1 e aumento na pontuação do IT-MAIS, porém sem correlação estatística entre ambos os testes. Tal achado enfatiza a necessidade de mais estudos que comparem os diversos protocolos para maior compreensão dos resultados obtidos por meio da avaliação eletrofisiológica e comportamental.

No que tange aos comportamentos de linguagem oral, obtidos por meio do questionário MUSS, não foi observada correlação estatística desta com os PEALL. Apesar disto, não se pode deixar de destacar que, concomitantemente à diminuição dos valores de latência do componente P1, também foi observado aumento da pontuação do MUSS. Considerando que o desenvolvimento auditivo antecede o desenvolvimento de linguagem oral, o monitoramento durante um maior período de tempo permitiria

verificar outras nuances que não puderam ser observadas dentro de nove meses de acompanhamento.

Há diversos estudos que indicaram que a diminuição da latência de P1 se correlacionou com a melhora dos comportamentos comunicativos (vocalizações) (Sharma et al., 2004), com a melhora nas habilidades de fala e linguagem (Sharma et al., 2005b) e, com a melhora na percepção de fala (Sharma et al., 2009; Alvarenga et al., 2012).

Dinces et al. (2009), ao avaliarem três crianças usuárias de IC, observaram que a melhora nas habilidades comunicativas após ativação do IC teve correlação proporcional com a experiência auditiva pré-implante. Para estas autoras, evidências de melhora nos PEALL nos primeiros meses de uso do IC indicaram presença de plasticidade do sistema auditivo, o que pode preceder a melhora nas habilidades comunicativas; crianças que mostraram evolução nas respostas eletrofisiológicas apresentaram melhor compreensão de fala e, consequentemente, maior sucesso na reabilitação auditiva.

No que tange às habilidades auditivas obtidas por meio da avaliação do GASP, observou-se correlação destas com as outras medidas avaliadas: as crianças que alcançaram melhor habilidade auditiva - discriminação -, também apresentaram valores de latência do componente P1 estatisticamente menores, bem como maior pontuação nos questionários IT-MAIS/MAIS e MUSS, em comparação àquelas que alcançaram apenas a habilidade de detecção. Tais achados refletem uma coerência nos resultados, demonstrando que a percepção de fala foi condizente com a percepção dos pais, assim como com os resultados da avaliação eletrofisiológica.

Outro aspecto avaliado diz respeito à idade na ativação. Na literatura, é muito discutida a existência de um período sensível para início da estimulação visando maior

benefício do IC, sendo até os três anos de idade, o tempo ideal para início do processo de (re) habilitação (Kral et al., 2001; Sharma et al., 2002b; Sharma et al., 2005a). Após este período, considerado sensível, ocorrem anormalidades no desenvolvimento da plasticidade sináptica, resultando em uma conectividade anormal entre as células neuronais, desintegração funcional e imaturidade das áreas auditivas corticais. Sendo assim, o *feedback* entre as áreas auditivas primárias e secundárias fica prejudicado e algumas áreas auditivas podem passar a desenvolver funções não auditivas, tais como visual e somatossensorial, fenômeno denominado de desenvolvimento *cross-modal* (Kral et al., 2001; Eggermont e Ponton, 2003; Gordon et al., 2005; Sharma e Dorman, 2006; Sharma et al., 2007b; Fallon et al., 2009; Martínez-Beneyto et al., 2009; Sharma et al., 2009; Kral e Sharma, 2012).

Sharma e Dorman (2006) analisaram a latência do componente P1 em crianças usuárias de IC, e observaram que as crianças que ativaram os eletrodos do IC até os três anos e cinco meses apresentaram valores de latência normais; no entanto, as crianças que implantaram após os sete anos de idade apresentaram resultados alterados. Entre os três anos e cinco meses e sete anos, os resultados foram muito variáveis. No presente estudo, não foi observada correlação da idade na ativação com nenhuma das outras avaliações aplicadas (comportamental e eletrofisiológica). Considerando que a média de idade dos sujeitos do presente estudo no momento da ativação foi 35 meses, ou seja, dentro do período considerado sensível, talvez este fato possa justificar a ausência desta correlação que é fortemente discutida na literatura.

Cabe também ressaltar que, o número de sujeitos inseridos na análise do presente estudo foi restrito, portanto a interpretação e a generalização desses resultados devem ser tratadas com cautela. Reanalisando os estudos descritos na revisão da literatura aqui apresentada, observa-se que o número reduzido de sujeitos é uma limitação geral de

vários estudos que analisaram os PEALL em crianças usuárias de IC (Sharma et al., 2004; Sharma et al., 2005b; Dinces et al., 2009; Alvarenga et al., 2012; Alvarenga et al., 2013). Isso se deve, além da dificuldade de realização deste procedimento em crianças desta faixa etária, à tentativa de formar um grupo um pouco mais homogêneo que acaba, consequentemente, reduzindo o número de sujeitos da amostra. Desta forma, estudos com maior número de sujeitos tornam-se importantes para confirmar os achados aqui apresentados.

Conclusão

7. CONCLUSÃO

A estimulação auditiva por meio do IC viabilizou maturação gradativa do SNAC que pôde ser observada por modificações nos traçados dos PEALL, bem como por mudanças nos comportamentos de audição e linguagem:

- Houve evolução nas habilidades auditivas e de linguagem oral na perspectiva dos pais, bem como diminuição dos valores de latência do componente P1 em crianças usuárias de IC ao longo de nove meses de uso do IC;
- Os valores de latência do componente P1 mantiveram-se estatisticamente maiores em crianças usuárias de IC quando comparados aos obtidos em crianças ouvintes em todas as avaliações;
- Observou-se correlação negativa das habilidades auditivas com a latência do componente P1 dos PEALL, nos três momentos de avaliação. Em relação às habilidades de linguagem, não houve correlação com os valores de latência do componente P1 nos três momentos de avaliação.

Referências Bibliográficas

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Agrawal D, Thorne JD, Viola FC, Timm L, Debener S, Büchner A, et al. Electrophysiological responses to emotional prosody perception in cochlear implant users. *Neuroimage: Clin.* 2013;2:229–38.

2. 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;76:1332–8.

3. Alvarenga KF,Vicente LC, Lopes RCF, Ventura LMP, Bevilacqua MC, Moret ALM. Desenvolvimento do potencial evocado auditivo cortical P1 em crianças com perda auditiva sensorioneural após o implante coclear: estudo longitudinal. *CoDAS*. 2013;25(6):521-6.

4. Anderson I, Weichbold V, D'Haesea PSC, Szuchnik J, Quevedo MS, Martin J, et al. Cochlear implantation in children under the age of two-what do the outcomes show us? *Int J Pediatr Otorhinolaryngol.* 2004;68:425-31.

5. Azevedo MS. Desenvolvimento das habilidades auditivas. In: Bevilacqua MC, Martinez MAN, Balen AS, Pupo AC, Reis ACMB, Frota S. *Tratado de Audiologia*. São Paulo: Santos; 2011. p. 475-93.

6. Bauer PW, Sharma A, Martin K, Michael Dorman. Central auditory development in children with bilateral cochlear implants. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg.* 2006;132:1133-6.

7. Baumgartner WD, Pok SM, Egelierler B, Franz P, Gstoettner W, Hamzavi J. The role of age in pediatric cochlear implantation. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol.* 2001;62:223-8.

8. Bento RF, Brito Neto R, Castilho AM, Gómez VG, Giorgi SB, Guedes MC. Resultados auditivos com o IC multicanal em pacientes submetidos a cirurgia no Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo. *Rev. Bras. Otorrinolaringol.* 2004;70(5):632-7.

9. Bevilacqua MC, Costa AO, Carvalho ACM, Moret ALM. IC. Implante Coclear. In: Fernandes, FDM, Mendes, BCA, Navas, ALPGP. *Tratado de Fonoaudilogia*. 2ª ed. São Paulo: Roca; 2010. p. 220-31.

10. Bevilacqua MC, Formigoni GMP. *Audiologia Educacional: Uma Opção Terapêutica para a Criança Deficiente Auditiva.* 3ª Ed. São Paulo: Pró-Fono; 2000.

11. Bevilacqua MC, Moret ALM, Costa Filho AO, Nascimento LT, Banhara MR. Implantes cocleares em crianças portadoras de deficiência auditiva decorrente de meningite. *Rev Bras Otorrinolaringol.* 2003;69(6):760-4.

12. Bevilacqua MC, Tech EA. Elaboração de um procedimento de avaliação de percepção de fala em crianças deficientes auditivas profundas a partir de cinco anos de idade. In: Marchesan IQ, Zorzi JM, Gomes ICD. *Tópicos em Fonoaudiologia.* São Paulo: Lovise; 1996. p. 411-33.

13. Bevilacqua MC. Conceituação Indicação do IC. In: Bevilacqua MC, Martinez MAN, Balen AS, Pupo AC, Reis ACMB, Frota S. *Tratado de Audiologia*. São Paulo: Santos; 2011. p. 407-25.

14. Bhatnagar SC. *Neurociência para o estudo dos distúrbios da comunicação.* 2ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2004. Cap.9, p.185-98: Sistema Auditivo.

15. Boéchat EM. Plasticidade e Amplificação. In: Fernandes, FDM, Mendes, BCA, Navas, ALPGP. *Tratado de Fonoaudilogia*. 2ª ed. São Paulo: Roca; 2010. p. 160-8.

16. Calmels MN, Saliba I, Wanna G, Cochard N, Fillaux J, Deguine O, Fraysse B. Speech perception and speech intelligibility in children after cochlear implantation. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol.* 2004;68:347-51.

17. Cardon G, Sharma A. Central auditory maturation and behavioral outcome in children with auditory neuropathy spectrum disorder who use cochlear implants. *Int J Audiol*. 2013;52:577–86.

18. Castiquini EAT. *Escala de integração auditiva significativa: procedimento adaptado para a avaliação da percepção da fala* [dissertação]. São Paulo: Pontifícia Universidade Católica; 1998.

19. Chen X, Liu S, Liu B, Mo L, Kong Y, Liu H, et al. The effects of age at cochlear implantation and hearing aid trial on auditory performance of chinese infants. *Acta Otolaryngol.* 2010;130:263–70.

20. Clark GM. *Cochlear implants: fundamentals & applications.* New York: Springer, 2003.

21. Dinces E, Chobot-Rhodd J, Sussman E. Behavioral and electrophysiological measures of auditory change detection in children following late cochlear implantation: A preliminary study. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol.* 2009;73(6):843–51.

22. Dorman MF, Sharma A, Gilley PM, Martin K, Roland P. Central auditory development: evidence from CAEP measurements in children fit with cochlear implants. *J Commun Disord.* 2007;40:284–94.

23. Eggermont JJ, Ponton CW, Don M, Waring MD, Kwong B. Maturational delays in cortical evoked potentials in cochlear implant users. *Acta Otolaryngol.* 1997;117:161-3.

24. Eggermont JJ, Ponton CW. Auditory-evoked potential studies of cortical maturation in normal hearing and implanted children: correlations with changes in structure and speech perception. *Acta Otolaryngol.* 2003;123:249-52.

25. Erber, NP. *Auditory Training.* Washington: Alexander Graham Bell Association for the Deaf, 1982.

26. Fallon JB, Irvine DRF, Shepherd RK. Cochlear implants and brain plasticity. *Hear Res.* 2008;238:110–7.

27. Fallon JB, Irvine DRF, Shepherd RK. Neural prostheses and brain plasticity. *J Neural Eng.* 2009;6(6):065008.

28. Geers AE, Nicholas JG, Moog JS. Estimating the influence of cochlear implantation on language development in children. *Audiol Med.* 2007;5(4):262-73.

29. Geers AE. Speech, language, and reading skills after early cochlear implantation. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg.* 2004;130:634-8.

30. Geers AE. Techniques for assessing auditory speech perception and lip reading enhancement in young deaf children. *The Volta Review.* 1994;96(5):85-96.

31. Gilley PM, Sharma A, Dorman MF. Cortical reorganization in children with cochlear implants. *Brain Res.* 2008;1239:56–65.

32. Gordon KA, Papsin BC, Harrison RV. Effects of cochlear implant use on the electrically evoked middle latency response in children. *Hear Res.* 2005;204:78–89.

33. Gordon KA, Tanaka S, Wong DDE, Papsin BC. Characterizing responses from auditory cortex in young people with several years of cochlear implant experience. *Clin Neurophysiol*. 2008;119:2347–62.

34. Holt RF, Svirsky MA, Neuburger H, Miyamoto RT. Age at implantation and communicative outcome in pediatric cochlear implant users: Is younger always better? *International Congress Series.* 2004;1273:368–71.

35. Jang JH, Jang HK, Kim SE, Oh SH, Chang SO, Lee JH. Analysis of P1 latency in normal hearing and profound sensorioneural hearing loss. *Clin Exp Otorhinolaryngol.* 2010;3(4):194-8.

36. Jasper HH. The ten-twenty electrode system of the International Federation. *Electroenceph. Clin. Neurophysiol.* 1958;10:371-5.

37. Jerger J. Clinical experience with impedance audiometry. *Arch Otolaryngol.* 1970;92(4):311-24.

38. Jiwani S, Papsin BC, Gordon KA. Central auditory development after long-term cochlear implant use. *Clin Neurophysiol*. 2013;124(9):1868-80.

39. Kelly AS, Purdy SC, Thorne PR. Electrophysiological and speech perception measures of auditory processing in experienced adult cochlear implant users. *Clin Neurophysiol.* 2005;116:1235-46.

40. Kileny PR, Boerst A, Zwolan T. Cognitive evoked potentials to speech and tonal stimuli in children with implants. *Otolaryngol Head Neck Surg.* 1997;17:161-9.

41. Kral A, Hartmann R, Tillein J, Heid S, Klinke R. Delayed maturation and sensitive periods in the auditory cortex. *Audiol Neurootol.* 2001;6:346-62.

42. Kral A, Sharma A. Developmental neuroplasticity after cochlear implantation. *Trends Neurosci.* 2012;35(2):111-22.

43. Kubo T, Iwaki T, Sasaki T. Auditory perception and speech production skills of children with cochlear implant assessed by means of questionnaire batteries. *ORL*. 2008;70:224–8.

44. Leigh J, Dettman S, Dowell R, Briggs R. Communication development in children who receive a cochlear implant by 12 months of age. *Otol Neurotol.* 2013;34:443-50.

45. Lesinski-Schiedat A, Illg A, Heermann R, Bertram B, Lenarz T. Paediatric cochlear implantation in the first and in the second year of life: a comparative study. *Cochlear Implants Int.* 2004;5(4):146–59.

46. Ling, D. *Speech and Hearing Impaired Child: Theory and Practice.* Washington, Alexander Graham Bell, 1976.

47. Martin BE, Tremblay KL, Stapells DR. Principles and applications of cortical auditory evoked potentials. In: Burkard RF, Don M, Eggermont JJ. *Auditory Evoked Potentials: Basic principles and clinical applications*. Filadélfia: Lippincott Williams & Williams; 2007. p. 482-507.

48. Martines F, Martines E, Ballacchino A, Salvago P. Speech perception outcomes after cochlear implantation in prelingually deaf infants: the western sicily experience. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol.* 2013;77:707-13.

49. Martínez-Beneyto P, Morant A, Pitarch MI, Latorre E, Platero A, Marcob J. Paediatric cochlear implantation in the critical period of the auditory pathway, our experience. *Acta Otorrinolaringol Esp.* 2009;60(5):311-7.

50. Maurer J, Collet L, Pelster H, Truy E, Gallégo S. Auditory late cortical response and speech recognition in Digisonic cochlear implant users. *Laryngoscope.* 2002;112:2220–4.

51. Melo TM, Lara JD. Habilidades auditivas e linguísticas iniciais em crianças usuárias de implante coclear: relato de caso. *J. Soc. Bras. Fonoaudiol.* 2012;24(4):390-4.

52. Mendes BCA, Barzaghi L. Percepção e produção da fala e deficiência auditiva. In: Bevilacqua MC, Martinez MAN, Balen AS, Pupo AC, Reis ACMB, Frota S. *Tratado de Audiologia*. São Paulo: Santos; 2011. p. 653-69.

53. Meneses MS, Cardoso CC, Silva IMC. Fatores que interferem no desempenho de usuários de implante coclear em testes de percepção de fala. *Rev. CEFAC.* 2014;16(1):65-71.

54. Mondain M, Sillon M, Vieu A, Levi A, Reuillard-Artieres F, Deguine F, et al. Cochlear implantation in prelingually deafened children with residual hearing. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol.* 2002;63:91–7.

55. Moog JS, Geers AE. Early educational placement and later language outcomes for children with cochlear implants. *Otol Neurotol.* 2010;31(8):1315-9.

56. Moore DR, Shannon RV. Beyond cochlear implants: awakening the deafened brain. *Nat Neurosci*. 2009;12(6):686-91.

57. Moret ALM, Bevilacqua MC, Costa AO. Implante coclear: audição e linguagem em crianças deficientes auditivas pré-linguais. *Pró-Fono Rev. Atual. Cient.* 2007;19(3):295-304.

58. Nascimento, LT. *Uma proposta de avaliação da linguagem oral* [monografia]. Bauru: Hospital de Pesquisa e Reabilitação de Lesões Lábio-Palatais; 1997.

59. Nash A, Sharma A, Martin K, Biever A. Clinical applications of the P1 Cortical Auditory Evoked Potential (CAEP) biomarker. In: Seewald RC, Bamford JM. *A sound foundation through early amplification 2007: Proceedings of the Fourth International Conference*. Chicago: Phonak; 2007. p. 43-9.

60. Nikolopoulos TP, Archbold SM, O'Donoghue GM. The development of auditory perception in children following cochlear implantation. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol.* 1999;49:189-91.

61. Nikolopoulos TP, Gibbin KP, Dyar D. Predicting speech perception outcomes following cochlear implantation using Nottingham Children's Implant Profile (NChIP). *Int J Pediatr Otorhinolaryngol.* 2004;68:137-41.

62. Northen J, Downs MP. *Audição na Infância.* 5ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2005. Cap.1, p.3-27: Audição e Perda Auditiva em Crianças.

63. O'Donoghue GM, Nikolopoulos TP, Archbold SM. Determinants of speech perception in children after cochlear implantation. *Lancet.* 2000;356:466–8.

64. Ouellet c, Cohen H. Speech and language development following cochlear implantation. *J Neurolinguistics.* 1999;12:271-88.

65. Pinto ESM, Lacerda CBF, Porto PRC. Comparação entre os questionários IT-MAIS e MUSS com vídeo-gravação para avaliação de crianças candidatas ao implante coclear. *Rev Bras Otorrinolaringol.* 2008;74(1):91-8.

66. Ponton CW, Don M, Eggermont JJ, Waring MD, Masuda A. Maturation of human cortical auditory function: differences between normal-hearing children and children with cochlear implants. *Ear & Hear.* 1996;17(5):430-7.

67. Ponton CW, Eggermont JJ. Of kittens and kids: altered cortical maturation following profound deafness and cochlear implant use. *Audiol Neurootol.* 2001;6:363–80.

68. Rachovitsas D, Psillas G, Chatzigiannakidou V, Triaridis S, Constantinidis J, Vital V. Speech perception and production in children with inner ear malformations after cochlear implantation. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol.* 2012;76:1370–4.

69. Robbins AM, Koch DB, Osberger MJ, Zimmerman-Phillips S, Kishon-Rabin L. Effect of age at cochlear implantation on auditory skill development in infants and toddlers. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg.* 2004;130:570-4.

70. Robbins, AM, Osberger, MJ. *Meaningful use of speech scales.* Indianapolis: Indiana University School of Medicine, 1990.

71. Robbins, AM. *Conversion of IT-MAIS scores to normal-hearing age equivalents.* Disponível em: http://amymcconkeyrobbins.com/IT-MAISchart.html. Acesso em: 20 de Agosto de 2015.

72. Shallop JK. Objective electrophysiological measures from cochlear implant patients. *Ear & Hear.* 1993;14(1):58-63.

73. Sharma A, Cardon G, Martin K, Roland P. Cortical maturation and behavioral outcomes in children with auditory neuropathy spectrum disorder. *Int J Audiol.* 2011;50:98-106.

74. Sharma A, Dorman MF, Kral A. The influence of a sensitive period on central auditory development in children with unilateral and bilateral cochlear implants. *Hear Res.* 2005a;203:134–43.

75. Sharma A, Dorman MF, Spahr J. A sensitive period for the development of the central auditory system in children with cochlear implants: implications for age of implantation. *Ear & Hear*. 2002b;23(6):532-9.

76. Sharma A, Dorman MF, Spahr J. Rapid Development of cortical auditory evoked potentials after early cochlear implantation. *Neuro Report.* 2002a;13(10):1365-8.

77. Sharma A, Dorman MF. Central auditory development in children with cochlear implants: clinical implications. In: Møller A. *Cochlear and Brainstem Implants.* Adv Otorhinolaryngol. Basel, Karger; 2006;64:66–88.

78. Sharma A, Gilley PM, Dorman MF, Baldwin R. Deprivation-induced cortical reorganization in children with cochlear implants. *Int J Audiol.* 2007a;46:494-9.

79. Sharma A, Gilley PM, Martin K, Roland P, Bauer P, Dorman M. Simultaneous versus sequential bilateral implantation in young children: effects on central auditory system development and plasticity. *Audiol Med.* 2007b;5:218-23.

80. Sharma A, Martin K, Roland P, Bauer P, Sweeney MH, Gilley P, Dorman M. P1 latency as a biomarker for central auditory development in children with hearing impairment. *J Am Acad Audiol.* 2005b;16(8):564–73.

81. Sharma A, Nash AA, Dorman MF. Cortical development, plasticity and re-organization in children with cochlear implants. *J Commun Disord.* 2009;42:272-9.

82. Sharma A, Tobey E, Dorman MF, Bharadwaj S, Martin K, Gilley P, Kunkel F. Central auditory maturation and babbling development in infants with cochlear implants. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg.* 2004;130:511-6.

83. Silva LAF, Couto MIV, Matas CG, Carvalho ACM. Long latency auditory evoked potentials in children with cochlear implants: systematic review. *CoDAS* 2013;25(6):595-600.

84. Silva LAF, Couto MIV, Tsuji RK, Bento RF, Matas CG, Carvalho ACM. Auditory pathway's maturation after cochlear implant via cortical auditory evoked potentials. *Braz J Otorhinolaryngol.* 2014;80:131-7.

85. Taitelbaum-Swead R, Kishon-Rabin L, Kaplan-Neeman R, Muchnik C, Kronenberg J, Hildesheimer M. Speech perception of children using Nucleus, Clarion or Med-El cochlear implants. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol*. 2005;69(12):1675-83.

86. Tanamati LF, Costa OA, Bevilacqua MC. Resultados a longo prazo com o uso do IC em crianças: revisão sistemática. *Arq. Int. Otorrinolaringol.* 2011;15(3):p. 365-75.

87. Thabet MT, Said NM. Cortical auditory evoked potential (P1): A potential objective indicator for auditory rehabilitation outcome. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol.* 2012;76:1712-8.

88. Thai-Van H, Veuillet E, Norena A, Guiraud J, Collet L. Plasticity of tonotopic maps in humans: influence of hearing loss, hearing aids and cochlear implants. *Acta Otolaryngol.* 2010;130:333–7.

89. Uziel AS, Reuillard-Artieres F, Sillon M, Vieu A, Mondain M, Piron JP, et al. Speech-perception performance in prelingually deafened french children using the nucleus multichannel cochlear implant. *Am J Otol.* 1996;17(4):559-68.

90. Ventura LMP. *Maturação do sistema auditivo em crianças ouvintes normais: potenciais evocados auditivos de longa latência.* [Dissertação]. Bauru: Faculdade de Odontologia, Universidade de São Paulo; 2008.

91. Waltzman SB, Roland T. Cochlear implantation in children younger than 12 months. *Pediatrics.* 2005;116(4):487-93.

92. Wunderlich JL, Cone-Wesson BK. Maturation of CAEP in infants and children: a review. *Hear Res.* 2006;212:212-23.

93. Yucel E, Sennaroglu G, Belgin E. The family oriented musical training for children with cochlear implants: Speech and musical perception results of two year follow-up. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol.* 2009;73:1043–52.

94. Zimmerman-Phillips S; Osberger MJ; Robbins AM. *Infant-Toddler: Meaningful Auditory Integration Scale (IT-MAIS).* Sylmar, Advanced Bionics Corporation, 1997.