UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE BAURU

LETICIA CRISTINA VICENTE

**Desenvolvimento auditivo cortical e de percepção auditiva da fala
em crianças submetidas ao implante coclear bilateral sequencial**

BAURU
2018

LETICIA CRISTINA VICENTE

**Desenvolvimento auditivo cortical e de percepção auditiva da fala
em crianças submetidas ao implante coclear bilateral sequencial**

Tese apresentada à Faculdade de Odontologia de Bauru da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Doutora em Ciências no Programa de Fonoaudiologia, na área de concentração Processos e Distúrbios da Comunicação.

Orientadora: Profa. Dra. Kátia de Freitas Alvarenga

Versão corrigida

BAURU
2018

V662d Vicente, Leticia Cristina
Desenvolvimento auditivo cortical e de percepção
auditiva da fala em crianças submetidas ao implante
coclear bilateral sequencial / Leticia Cristina Vicente. –
Bauru, 2018.
102 p. : il. ; 31cm.

Tese (Doutorado) – Faculdade de Odontologia de
Bauru. Universidade de São Paulo

Orientadora: Profa. Dra. Kátia de Freitas
Alvarenga

Nota: A versão original desta tese encontra-se disponível no Serviço de Biblioteca e Documentação da Faculdade de Odontologia de Bauru – FOB/USP.

Autorizo, exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial desta dissertação/tese, por processos fotocopiadores e outros meios eletrônicos.

Assinatura:

Data: 18/06/2018

Comitê de Ética do HRAC -USP
Protocolo nº: 39194314.4.0000.5441
Data: 25/11/2014

DEDICATÓRIA

Com muito amor e enorme gratidão, dedico este trabalho aos meus pais, Aldemar e Silvana.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por Sua presença constante em minha vida e por ter iluminado meus dias com pessoas maravilhosas.

Aos pacientes e suas famílias, pelo carinho demonstrado em cada atendimento, por cada aprendizado não descrito nos livros e pelo lembrete diário de que o aperfeiçoamento pessoal e profissional deve ser constante.

Aos meus pais, que ao escutarem cada conflito com paciência e compreensão, forneceram conselhos valiosos, além da certeza de que tudo ficaria bem. Obrigada por entenderem minha ausência em tantos momentos importantes e por sempre me apoiarem. Essa conquista só foi possível por causa de vocês.

Aos meus irmãos e familiares por todo amor, carinho e incentivo. Agradeço especialmente a minha irmã Priscila, pela lealdade e parceria.

À Faculdade de Odontologia de Bauru da Universidade de São Paulo, por ter me proporcionado um excelente aprendizado durante a graduação, mestrado e doutorado.

À Profa. Dra. Kátia de Freitas Alvarenga, minha orientadora de trabalho de conclusão de curso, mestrado e doutorado. Sua notável habilidade em lecionar com excelência me impressionou desde a primeira aula, despertando em mim o interesse pela Audiologia. Durante esses anos, foram muitos os momentos de orientação, os quais demonstraram que opiniões diferentes são uma consequência do aprendizado e que um consenso só pode ser obtido se houver paciência e respeito mútuo. Obrigada pela confiança no meu trabalho e por cada oportunidade em que vivenciei a experiência docente, clínica e de pesquisa. Agradeço sua dedicação para tornar o doutorado sanduíche uma realidade, pelos inúmeros conselhos profissionais e compreensão diante de situações pessoais. Nossa relação de orientadora e aluna chega ao fim, mas tenho certeza da continuidade de nossa parceria científica.

À Profa. Dra. Karen Gordon, pela incrível oportunidade de aprendizado ao me receber no *Archie's Laboratory* do *The Hospital for Sick Children*, em Toronto – Canadá. Agradeço imensamente pela forma gentil e respeitosa com que contribuiu para a análise dos dados dessa tese, além do incentivo e compreensão nos momentos de orientação. Vivenciar a rotina de um laboratório internacional de excelência contribuiu consideravelmente para meu crescimento profissional. Muito obrigada!

À Melissa Polonenko, por me ensinar a utilizar a plataforma R e pelo constante e essencial auxílio na análise dos dados. Agradeço pelo seu companheirismo durante o meu período em Toronto e pela sua amizade. Seu brilhantismo para o ensino, pesquisa e clínica será sempre uma referência para mim.

Ao Prof. Dr. Orozimbo Alves da Costa Filho, pelos momentos valiosos em que discutimos sobre a Audiologia e a Pós-Graduação. Agradeço seu incentivo e críticas construtivas que contribuíram para minha formação profissional.

À Profa. Dra. Kátia Almeida, Profa. Dra. Valéria Goffi e ao Prof. Dr. Orozimbo Costa, pelas valiosas sugestões e discussões durante a avaliação desta tese.

Aos profissionais da Seção de Implante Coclear do Hospital de Reabilitação de Anomalias Craniofaciais e alunos da Residência Multiprofissional, por terem contribuído de alguma forma para o meu conhecimento sobre perda auditiva e implante coclear. Agradeço à Rosana, Ana e Bruna pela gentileza ao consultar a agenda e prontuários inúmeras vezes e às fonoaudiólogas Dra. Leandra, Dra. Liège e Dra. Regina pelo auxílio. De forma especial, agradeço às fonoaudiólogas Ma. Elisabete, Ma. Julia e Ma. Luzia pela disponibilidade nos momentos de dúvidas e apoio à esta pesquisa.

Ao Dr. Lucas Costa, Dr. Fernão Costa, Profa. Dra. Deborah Viviane Ferrari e Profa. Dra. Maria Inês Pegoraro-Krook, pela gentileza no auxílio do preenchimento da documentação necessária para a realização do doutorado sanduíche.

À querida fonoaudióloga Ma. Raquel Agostinho, por sua constante contribuição para o meu conhecimento em Audiologia.

Às secretárias do Departamento de Fonoaudiologia, Claudinha e Renata, pela simpatia e ajuda durante todos estes anos. Em especial, agradeço à secretária Karina, pela disponibilidade em esclarecer dúvidas e pelo importante auxílio durante o período em que fui representante discente.

Aos funcionários do Arquivo, pela imensa ajuda na separação dos prontuários.

Às queridas Ma. Alana Ribeiro, Ma. Thais Maia, Ma. Amanda Giorgetto, Dra. Eliene, Ma. Bárbara Sordi, Bárbara Camilo, Ma. Simone e Débora, por compartilharem os momentos de aprendizado na Clínica de Audiologia Infantil e tantos outros durante a Pós-Graduação.

Às amigas Vanessa Destro, Thais Maia, Maria Renata, Mariane Pachelli, Tacianne Alves e Julia Zabeu, pela paciência, compreensão, ajuda e por todos os momentos compartilhados.

À amiga Gabriela Zuin, com quem compartilhei as alegrias e as dificuldades de realizar o doutorado sanduíche. Esse período no exterior teria sido muito diferente sem a sua companhia e amizade.

Aos amigos e colegas de laboratório Mark, Hayley, Daniel, Robel e Homira, pela incrível receptividade com que me receberam no *Archie's Lab* e pela companhia diária durante os sete meses em que frequentei o laboratório. Agradeço também à Carmen e à Christina, funcionárias do laboratório.

Às amigas Katherine e Luana, por fazerem da experiência em Toronto ser muito mais do que um aprendizado profissional. Muito obrigada pelo carinho, cuidado e parceria.

À amiga Simone Regaçone, pela companhia, discussões produtivas e por ter me auxiliado enquanto eu estava no exterior.

Às amigas Larissa Germiniani e Renata Giorgetto, pelos ótimos momentos em que morei com cada uma. Aproveito para agradecer à Julia Zabeu, Gabriela Zuin, Mariane Pachelli e Giovana Zabeu por terem me auxiliado após o meu retorno à Bauru.

À Fundação Coordenação Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, pelo auxílio financeiro por meio do Programa de Demanda Social e pelo auxílio financeiro para a realização do doutorado sanduíche no exterior durante seis meses, Processo nº 88881.131618/2016-01 do Programa PDSE.

A todos que de alguma forma me ajudaram com este trabalho, muito obrigada!

RESUMO

O objetivo deste estudo foi verificar o desenvolvimento auditivo cortical e de percepção auditiva da fala em crianças submetidas ao implante coclear bilateral sequencial. Participaram deste estudo vinte e oito crianças usuárias de implante coclear bilateral sequencial. Os potenciais auditivos corticais foram evocados pelo estímulo de fala /da/, apresentado unilateralmente e bilateralmente em campo livre a 90º azimuth. Duas séries de 150 estímulos foram promediadas na intensidade de 70 decibel nível de pressão sonora e uma série na intensidade de 0 decibel. As crianças foram avaliadas na ativação do segundo implante e após três, seis e 12 meses de uso do implante coclear bilateral. Os valores de amplitude dos componentes dos potenciais foram extraídos das faixas de latência que apresentaram amplitude com diferença significativa entre os registros de 0 e 70 decibels, sendo elas: 60 a 120, 140 a 230, e 270 a 320 milissegundos. Adicionalmente, as respostas corticais individuais obtidas diante da estimulação unilateral e bilateral foram combinadas entre si. A área da diferença de amplitude entre as ondas foi calculada para as faixas de latência de 50 a 200 e de 200 a 400 milissegundos. A percepção auditiva da fala no silêncio e ruído foi avaliada aos três, seis e 12 meses de uso do implante coclear bilateral. O desempenho na percepção auditiva da fala com o segundo implante foi analisado de forma comparativa ao desempenho obtido com o primeiro implante, assim como, a performance obtida com a estimulação bilateral foi analisada comparativamente ao desempenho obtido com o primeiro e com o segundo implante coclear. Na ativação, a resposta cortical obtida com a estimulação bilateral apresentou componentes de ambas as condições unilaterais. Com o tempo de uso, a resposta bilateral foi dominada pela estimulação do primeiro implante. Os valores de amplitude para a estimulação com o segundo implante diminuíram na faixa de 270 a 320 milissegundos, enquanto os valores da faixa de 60 a 120 milissegundos aumentaram, resultando na diminuição da área da diferença entre as respostas unilaterais com o tempo de uso do implante coclear bilateral. Contudo, assimetrias corticais na faixa de latência 200 a 400 milissegundos permaneceram após um ano de uso. Semelhantes achados ocorreram para a combinação da resposta obtida na estimulação bilateral com a do segundo implante. Quanto à percepção auditiva da fala, não houve diferença entre o desempenho apresentado com a estimulação bilateral e com o primeiro implante. O desempenho

apresentado com o segundo implante melhorou com o tempo de uso nos testes de percepção auditiva da fala no silêncio. Porém, após um ano de uso, a performance com o segundo implante manteve-se inferior à apresentada com a estimulação bilateral e com o primeiro implante. As assimetrias significantes aos 12 meses de uso dos implantes não apresentaram relação com a idade na cirurgia do primeiro implante coclear. Contudo, o tempo de intervalo entre os implantes e a idade no segundo implante apresentaram relação com as persistentes assimetrias observadas na percepção auditiva da fala.

Palavras-chave: Implantes Cocleares. Potenciais Evocados Auditivos. Percepção da Fala.

ABSTRACT

Development of cortical auditory responses and speech perception in children with sequential bilateral cochlear implants

The aim of this study was to verify the development of the auditory cortex and speech perception in children with sequential bilateral cochlear implants. Twenty-eight children with sequential bilateral cochlear implants participated in this study. Cortical responses were evoked by the speech stimulus /da/ presented unilaterally and bilaterally in free field at 90° azimuth. Averaged responses of 150 sweeps each were collected during three runs, two at 70 and one at 0 decibel sound pressure level. Children were tested at the time of the second cochlear implant activation and then after three, six and 12 months of bilateral cochlear implant use. Amplitude values were extracted from the latency ranges that significantly differed between 70 and 0 decibel: 60 to 120, 140 to 230, and 270 to 320 milliseconds. Additionally, individual cortical responses recorded for unilateral and bilateral conditions were plotted with each other. Areas of difference between the waveforms were calculated from 50 to 200 and from 200 to 400 milliseconds latency ranges. Speech perception in both quiet and noise was measured after three, six and 12 months of bilateral cochlear implant use. The performance with the second cochlear implant relative to the first was analyzed, as well as the bilateral performance relative to each unilateral condition. At the activation, the bilateral cortical response presented components from both the unilateral conditions. However, over time the bilateral response was dominated by stimulation from the first cochlear implant. The amplitude values for the second implant at the 270-320 milliseconds decreased over time whereas an increase in the amplitude values occurred for the 60 to 120 milliseconds, significantly decreasing the area differences between the two unilaterally responses. However, asymmetries remained after one year at the 200 to 400 latency range between these responses. Similar changes in area differences occurred between the bilateral and unilateral second cochlear implant responses. As regard to speech perception, there was no difference in the performance between the bilateral and the unilateral first cochlear implant conditions. Speech perception in quiet increased over time for the second cochlear implant, but performance after 12 months of bilateral cochlear implant use remained poorer for this implant in quiet and noise relative to the first

cochlear implant and bilateral stimulation. Age at first cochlear implantation did not have an influence on all persistent asymmetries. However, the inter-implant delay and the age at second implantation showed a positive relation with the asymmetry in speech perception outcomes.

Key words: Cochlear Implants. Evoked Potentials, Auditory. Speech Perception.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- FIGURAS

- Figura 1 - (A) A média de amplitude está representada pela linha sólida azul para os registros obtidos em 70 dB NPS e em cinza para 0 dB NPS. As áreas sombreadas correspondem ao $1\pm$ erro padrão. As barras em azul indicam os segmentos em que a amplitude dos registros em 70 dB NPS foi significativamente diferente de 0 dB NPS para cada condição de estimulação e sessão de avaliação. Esses segmentos foram agrupados em três faixas de latência (retângulos verdes): 60 a 120ms; 140 a 230 ms; e 270 a 320 ms. Os valores máximos de amplitude foram extraídos de cada registro em 70 dB NPS na primeira e terceira faixa de latência e os valores mínimos, da segunda faixa. (B) Círculos conectados por linhas em cinza representam cada criança e a linha preta ilustra o modelo da regressão log-linear com efeitos mistos de acordo com a significância, linha sólida para $p<0,05$ e linha pontilhada para $p>0,05$ 71
- Figura 2 - Áreas da diferença de amplitude dos registros entre as diferentes condições de estimulação. (A) Áreas em cinza representam as diferenças entre as médias dos registros obtidos entre o 1º IC e 2º IC (1ª linha), bilateral com o 2º IC (2ª linha) e bilateral com o 1º IC (3ª linha) nas faixas de latência de 50 a 200ms e de 200 a 400 ms, indicadas pelas linhas verticais pontilhadas, para cada sessão de avaliação durante o uso do implante coclear bilateral. (B) Círculos conectados por linhas em cinza representam cada criança e a linha preta ilustra o modelo da regressão log-linear com efeitos mistos de acordo com a significância, linha sólida para $p<0,05$ e linha pontilhada para $p>0,05$ 72

Figura 3 - (A) Média $\pm$ 1Erro padrão do desempenho obtido na percepção auditiva da fala para cada condição de estimulação aos três, seis e doze meses de uso do IC bilateral. (B) Diferença no desempenho de percepção auditiva da fala para as combinações 1º IC com 2º IC, bilateral com 2º IC e bilateral com 1º IC. Círculos conectados por linhas em cinza representam cada criança e a linha preta ilustra o modelo da regressão log-linear com efeitos mistos de acordo com a significância, linha sólida para $p < 0,05$ e linha pontilhada para $p > 0,05$ 74

- GRÁFICOS

Gráfico 1 - *Boxplot* do coeficiente de correlação de concordância de Lin obtido para as ondas registradas em 70 dB NPS nas três condições de estimulação (1º IC, 2º IC e bilateral) em cada sessão de avaliação. Os círculos representam os coeficientes obtidos para cada criança. Registros com coeficientes abaixo da linha pontilhada (coeficiente $<0,2$) foram excluídos deste estudo e para registros acima desta linha (coeficiente $>0,2$), calculou-se uma média entre as duas ondas registradas em 70 dB NPS para posterior análise de dados..... 69

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Breve descrição dos estudos que analisaram os potenciais evocados auditivos corticais em crianças com IC bilateral sequencial.....	37
Tabela 2 - Breve descrição dos estudos que analisaram a percepção auditiva da fala em crianças com IC bilateral sequencial.....	42
Tabela 3 - Caracterização da casuística quanto à idade cronológica nos momentos cirúrgicos (anos), componentes internos e intervalo entre os implantes (anos).....	60

LISTA DE ABREVIATURA E SIGLAS

μV	microVolt
AASI	Aparelho de Amplificação Sonora Individual
dB	decibel
EEG	Eletroencefalograma
GASP	<i>Glendonald Auditory Screening Procedure</i>
HRAC	Hospital de Reabilitação de Anomalias Craniofaciais
Hz	Hertz
IC	Implante Coclear
ms	milissegundos
NA	Nível de Audição
NPS	Nível de Pressão Sonora
PEACs	Potenciais Evocados Auditivos Corticais
USP	Universidade de São Paulo

LISTA DE SÍMBOLOS

%	percentual
®	marca registrada
±	mais ou menos
<	menor
>	maior

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	27
2	REVISÃO DE LITERATURA	31
3	PROPOSIÇÃO	53
4	MATERIAL E MÉTODOS	57
4.1	SELEÇÃO DA CASUÍSTICA	59
4.2	CASUÍSTICA	59
4.3	POTENCIAIS EVOCADOS AUDITIVOS CORTICAIS	61
4.4	AVALIAÇÃO DA PERCEPÇÃO AUDITIVA DA FALA	62
4.4.1	Lista de Palavras (DELGADO; BEVILACQUA, 1999)	62
4.4.2	Lista de reconhecimento de sentenças no silêncio e no ruído (OLIVEIRA, 1992)	62
4.5	ANÁLISE DOS RESULTADOS	63
4.5.1	Preparação dos dados	63
4.5.2	Reprodutibilidade dos PEACs	63
4.5.3	Análise dos PEACs por diferença da área	64
4.5.4	Definição dos picos dos PEACs para análise	64
4.5.5	Análise dos PEACs durante o primeiro ano de uso do IC bilateral	64
4.5.6	Percepção auditiva da fala	65
4.5.7	Relação das variáveis dependentes com dados demográficos	66
5	RESULTADOS	67
5.1	POTENCIAIS EVOCADOS AUDITIVOS CORTICAIS	69
5.2	PERCEPÇÃO AUDITIVA DA FALA	73
5.3	RELAÇÃO COM DADOS DEMOGRÁFICOS	75
6	DISCUSSÃO	77
7	CONCLUSÕES	85
	REFERÊNCIAS	89
	APÊNDICES	97

1 Introdução

1 INTRODUÇÃO

O Implante Coclear (IC) processa os sinais acústicos e os modifica em pulsos elétricos que estimulam as células ganglionares do nervo auditivo na cóclea, proporcionando acesso aos sons da fala para indivíduos com perda auditiva sensorioneural coclear bilateral de grau severo ou profundo.

Apesar do IC não possibilitar uma audição normal, crianças que utilizam este dispositivo em uma orelha (IC unilateral) ou em ambas as orelhas (IC bilateral) podem apresentar excelente desempenho auditivo e de linguagem oral.

O IC unilateral é realizado rotineiramente em crianças desde a década de 1990. Contudo, esta intervenção não proporciona a audição binaural, refletindo em dificuldades no desenvolvimento da localização da fonte sonora e percepção auditiva da fala no ruído (GORDON; JIWANI; PAPSIN, 2013).

Com o objetivo de oferecer as vantagens da audição binaural, o IC bilateral tem sido estudado e realizado de forma simultânea, na qual os dois dispositivos são implantados no mesmo ato cirúrgico, ou em cirurgias sequenciais, em que um período de uso de IC unilateral precede a realização da cirurgia na orelha contralateral.

Melhores resultados quanto ao desenvolvimento do sistema auditivo periférico e central são encontrados em crianças com IC bilateral simultâneo ou sequencial com curto intervalo de tempo entre as cirurgias em relação às crianças com IC bilateral sequencial com longo intervalo de tempo entre as cirurgias (SHARMA et al., 2007; GORDON; VALERO; PAPSIN, 2007; GORDON; WONG; PAPSIN, 2013). Contudo, ao considerar que os primeiros relatos de realização do IC unilateral datam no final da década de 1980, é pertinente supor que existe um número expressivo de candidatos ao IC bilateral sequencial.

No Brasil, o início da realização do IC bilateral em serviço cadastrado no Sistema Único de Saúde sustentou-se por ação judicial até ser previsto na Portaria nº 2.776 do Ministério da Saúde, em 18 de dezembro de 2014, que aprovou diretrizes gerais, ampliou e incorporou procedimentos para a atenção especializada às pessoas com deficiência auditiva no SUS (BRASIL, 2014). Algumas exigências quanto à composição de profissionais na equipe foram revogadas pela Portaria Nº 2.157, de 23 de dezembro de 2015, a qual determinou que os centros de IC teriam até o dia 18 de dezembro de 2016 para solicitar credenciamento nos termos desta

Portaria (BRASIL, 2015). Atualmente, alguns serviços já foram habilitados e estão realizando a cirurgia de IC bilateral pelo Sistema Único de Saúde, enquanto outros estão aguardando esta habilitação.

Estudar o desenvolvimento do sistema auditivo cortical em crianças que realizaram a cirurgia do implante sequencial (2º IC) após meses ou anos de uso do IC unilateral é essencial para compreender as limitações da plasticidade neuronal e suas consequências no desempenho de percepção auditiva da fala, o que reflete na orientação ao paciente e à família pela decisão dessa intervenção.

2 Revisão de Literatura

2 REVISÃO DE LITERATURA

A resposta do sistema auditivo cortical, independentemente do tipo de estimulação, acústica ou elétrica, pode ser pesquisada de forma não invasiva e objetiva por meio dos Potenciais Evocados Auditivos Corticais (PEACs). No indivíduo adulto com audição normal, espera-se o registro do complexo P1-N1-P2, no qual o componente N1, de amplitude negativa, sucede o pico positivo P1 e antecede o pico positivo P2, de acordo com as respectivas latências.

O complexo P1-N1-P2 foi descrito na década de 1930 por Davis (1939 apud MARTIN; TREMBLAY; STAPPELLS, 2007) e teve sua utilização clínica voltada principalmente à predição de limiares auditivos quando estes não eram passíveis de serem determinados por métodos comportamentais. Entretanto, com a descoberta do potencial evocado auditivo de tronco encefálico, essa aplicabilidade dos PEACs tornou-se limitada na prática clínica (MARTIN; TREMBLAY; STAPPELLS, 2007), visto a influência do processo maturacional e necessidade do estado de alerta, variáveis que dificultavam seu registro na população pediátrica, maior beneficiada deste procedimento no processo de diagnóstico da perda auditiva.

Contudo, outra importante contribuição da caracterização dos componentes P1, N1 e P2 quanto à ocorrência, latência, amplitude, morfologia e geradores neurais tem contribuído para a compreensão do processo maturacional do córtex auditivo, uma vez que a resposta cortical se modifica com a estimulação auditiva ao longo dos anos.

Em crianças com audição normal, a resposta é dominada por um pico positivo e largo (EGGERMONT et al., 1997; PONTON; EGGERMONT, 2001; WUNDERLICH; CONE-WESSION, 2006). A latência desse pico, assim como a amplitude, diminui ao longo dos anos. Por volta de 8 a 12 anos, esse pico divide-se em dois, separado por uma negatividade, para formar o complexo P1-N1-P2. Discretas mudanças na latência e amplitude ocorrem até que o processo maturacional no córtex auditivo se complete no fim da adolescência (PONTON; EGGERMONT, 2001). Outra hipótese é de que o pico registrado frequentemente em crianças pequenas corresponda ao P2 e com o desenvolvimento, os picos P1 e N1 surgem de forma tardia, anteriores ao pico positivo registrado primeiramente (WUNDERLICH; CONE-WESSION, 2006). Apesar das diferentes hipóteses, um complexo imaturo e em formação caracteriza a resposta cortical obtida em crianças.

Assim, ao considerar que os PEACs podem refletir as mudanças neurofisiológicas que ocorrem com a idade cronológica em crianças com audição normal, sua aplicabilidade tem sido verificada para constatar os efeitos do período de privação sensorial e o desenvolvimento da via auditiva proporcionada pelo IC na população pediátrica.

Neste sentido, o estudo do impacto do período de privação auditiva por meio de medidas eletrofisiológicas reforçou os achados comportamentais que indicavam uma possibilidade maior de bom desempenho auditivo e de linguagem com o início da estimulação auditiva durante o período de alta plasticidade neuronal, conceito que tem direcionado ações em saúde auditiva na população infantil.

Em um estudo clássico com crianças usuárias de IC unilateral, Sharma, Dorman e Spahr (2002) descreveram que o componente P1 dos PEACs mostrou-se alterado na maioria das crianças implantadas após os sete anos de idade, mesmo com muitos anos de uso do IC; enquanto que para crianças em que a cirurgia foi realizada até os três anos e seis meses de idade, comumente o P1 registrado com apenas seis meses de uso do IC foi semelhante aos pares ouvintes. A normalidade do P1 foi obtida ainda mais rapidamente em duas crianças implantadas antes dos dois anos de idade (SHARMA et al., 2004).

Apesar do rápido desenvolvimento do P1, a morfologia do complexo P1-N1-P2 ainda pode apresentar respostas anormais, que persistem após muitos anos de uso do IC, mesmo em crianças que apresentam bom desempenho na percepção auditiva da fala (PONTON et al., 2001; PONTON; EGGERMONT, 2001; GORDON et al., 2008).

É inquestionável que o IC unilateral proporciona o desenvolvimento das habilidades auditivas e de linguagem em crianças que não apresentam benefício com o Aparelho de Amplificação Sonora Individual (AASI). Contudo, o IC bilateral pode trazer vantagens da binauralidade, como um melhor desempenho na localização sonora e percepção auditiva da fala no silêncio e no ruído (GALVIN et al., 2007; GALVIN; HUGUES; MOK, 2010; GRIECO-CALUB; LITOVSKY, 2010; LOVETT et al., 2010; VINCENT et al., 2012).

Estudos eletrofisiológicos que analisaram a resposta auditiva do córtex demonstraram que crianças com IC bilateral sequencial podem apresentar um padrão de atividade cortical semelhante às crianças com audição normal e às

crianças com IC bilateral simultâneo desde que o intervalo entre os implantes seja curto, por volta de 1,5 anos (GORDON; WONG; PAPSIN, 2010; 2013).

Assim, existe a preocupação de que em crianças com o uso prolongado do IC unilateral e a consequente falta de estimulação adequada na orelha contralateral podem ter causado alterações corticais que não serão revertidas com o IC sequencial (SHARMA; DORMAN; KRAL, 2005; GORDON; WONG; PAPSIN, 2010; GORDON; WONG; PAPSIN, 2013). Fatores que podem predizer os benefícios nessa população estão sendo intensamente estudados, uma vez que refletem diretamente nos critérios de indicação e aconselhamento ao paciente e à família.

Estudos têm demonstrado que o intervalo entre os implantes é um fator que influenciou o desempenho na percepção auditiva da fala com o 2º IC (FRIEDMANN et al., 2015; KOCDOR et al., 2016; REEDER et al., 2017; ILLG et al., 2013), apresentando correlação negativa.

Em crianças com IC bilateral sequencial, a dificuldade de adaptação ao novo IC pode ocorrer, principalmente em crianças que apresentam longo intervalo de tempo entre os implantes (GALVIN; HUGHES; MOK, 2010). Porém, observou-se que o desempenho apresentado com o 2º IC tende a melhorar com o tempo de uso do IC bilateral (ASP et al., 2012; KIM; KIM; JEONG, 2013; SPARREBOOM et al., 2016). Apesar dessa melhora, que ocorre de forma mais intensa nos primeiros meses, muitas crianças continuam a apresentar preferência pelo 1º IC (PETERS et al., 2007; GALVIN; HUGHES; MOK, 2010; SPARREBOOM; SNIK; MYLANUS, 2011; BIANCHIN et al., 2017), ou seja, o desempenho com o 1º IC continuou a ser superior ao obtido com o 2º IC.

Importante descrever que, o desempenho com a estimulação do 2º IC é importante, mas é o desempenho com os dois ICs juntos que reflete o benefício das habilidades binaurais. Em muitos estudos, constatou-se que o resultado obtido com o IC bilateral foi melhor que o obtido com o 1º IC (PETERS et al., 2007; GALVIN; HUGHES; MOK, 2010; SPARREBOOM; SNIK; MYLANUS, 2011; ASP et al., 2012; REEDER et al., 2016; BIANCHIN et al., 2017). Contudo, em crianças com longo tempo de privação bilateral associado ao longo tempo de uso do IC unilateral, o desempenho com os dois ICs pode ser até pior que o obtido com apenas o 1º IC em testes no silêncio e no ruído (GORDON; PAPSIN, 2009).

A percepção auditiva fala no ruído é um parâmetro para análise do benefício obtido com o IC bilateral. O cálculo do *spatial release from masking* tem

sido um dos testes utilizado para este fim, ao verificar se há melhora na percepção auditiva quando o ruído é separado espacialmente do sinal de fala, ou seja, inicialmente o ruído é apresentado juntamente com o sinal e depois é deslocado para o lado do IC na orelha direita ou esquerda. Crianças com IC bilateral sequencial tendem a apresentar um melhor resultado quando o ruído é apresentado ao lado do 2º IC do que ao lado do 1º IC (CHADHA et al., 2011; SPARREBOOM; SNIK; MYLANUS, 2011), mas resultados mais simétricos podem ser obtidos após longo tempo de uso do IC bilateral sequencial (KILLAN; KILLAN; RAINE, 2015).

Adicionalmente, RAMOS-MACÍAS et al. (2014) e ILLG et al. (2017) demonstraram a associação entre a idade no 1º IC e o intervalo de tempo entre os implantes na predição dos resultados obtidos na percepção auditiva da fala. Em ambos os estudos, crianças que receberam o 1º IC antes dos dois anos de idade e com intervalo entre os implantes inferior a quatro anos apresentaram melhor desempenho. O tempo de uso do AASI também foi considerado um fator que proporcionou melhores resultados com o 2º IC (ILLG et al., 2013; REEDER et al., 2017), o que reforça a conduta do uso do AASI na orelha contralateral após a cirurgia de IC unilateral.

Em um estudo, adolescentes que não apresentaram um bom desempenho com o IC bilateral sequencial, já não apresentavam com o IC unilateral (VISCHER et al., 2011). A correlação significativa entre os desempenhos apresentados com o 1º IC e com o 2º IC foi observada em outro estudo (MYHRUM et al., 2017).

Uma breve descrição dos estudos encontrados que pesquisaram os PEACs e a percepção auditiva da fala em crianças e adolescentes usuários de IC bilateral sequencial, independentemente do nível de evidência, está apresentada nas Tabelas 1 e 2, respectivamente. Ressalta-se que, avaliações realizadas nos trabalhos citados que não seja os PEACs ou a percepção auditiva da fala não foram descritas.

Tabela 1 - Breve descrição dos estudos que analisaram os potenciais evocados auditivos corticais em crianças com IC bilateral sequencial

(continua)

Autor (ano)	Descrição do estudo
Sharma, Dorman e Kral (2005)	<p>Os PEACs foram registrados em resposta ao estímulo /ba/, com duração de 90 ms e intervalo interestímulo de 610 ms. O estímulo foi apresentado em campo a 45º azimuth ao lado do IC ligado.</p> <p>Os PEACs foram analisados em 21 crianças com IC unilateral e em duas crianças com IC bilateral sequencial (criança 1: 1º IC aos 1,07 e 2º IC aos 2,07 anos; criança 2: 1º IC aos 2,08 e 2º IC aos 10,10 anos).</p> <p>A criança 1 apresentou latência normal do P1 após três meses de uso do IC unilateral. Com o 2º IC, a latência do P1 estava aumentada na ativação, porém menor que o valor obtido na ativação do 1º IC. A latência apresentou valor dentro da faixa de normalidade após um mês de uso do IC bilateral. O componente P1 registrado na criança 2 com o IC unilateral apresentou latência normal aos sete anos de idade, primeira vez em que o PEAC foi pesquisado nesta criança. O P1 obtido com a estimulação do 2º IC foi registrado com latência aumentada na ativação. Apesar da diminuição no valor de latência, o P1 ainda apresentava valor anormal após 9 meses de uso do IC bilateral.</p>
Bauer et al. (2006)	<p>Os PEACs foram registrados em resposta ao estímulo /ba/, com duração de 90 ms e intervalo interestímulo de 610 ms. O estímulo foi apresentado em campo a 45º azimuth ao lado do IC ligado.</p> <p>Os PEACs foram pesquisados em quatro crianças com IC bilateral, sendo que duas receberam os IC simultaneamente e duas sequencialmente. A criança 1 recebeu o 1º IC aos 12 meses e o 2º IC aos 24 meses de idade; a criança 2 recebeu o 1º IC aos 10 meses e o 2º IC aos 15 meses de idade.</p> <p>O componente P1 foi registrado na ativação do 1º IC com latência aumentada, atingindo valor normal após três meses na criança 1 e após seis meses na criança 2 (não houve avaliação anterior). Após a ativação do 2º IC, o P1 foi registrado com latência aumentada, porém com valor menor se comparado à latência obtida na ativação do 1º IC nas duas crianças. Na criança 1, o P1 foi registrado com latência normal após um mês de uso do IC bilateral e continuou a apresentar valores normais para os dois IC aos 3,5 anos de idade. Na criança 2, aos 18 meses de idade, o P1 foi registrado com latências normais para os dois IC.</p>

Tabela 1 - Breve descrição dos estudos que analisaram os potenciais evocados auditivos corticais em crianças com IC bilateral sequencial

(continua)

Sharma et al. (2007)	<p>Os PEACs foram registrados em resposta ao estímulo /ba/, com duração de 90 ms e intervalo interestímulo de 610 ms. O estímulo foi apresentado em campo a 45º azimuth ao lado do IC ligado.</p> <p>Os PEACs foram pesquisados por mais de uma vez durante os primeiros 15 meses de uso do IC bilateral em 20 crianças, sendo que 10 receberam os IC simultaneamente e 10 sequencialmente, todas antes dos 3,5 anos de idade.</p> <p>Na ativação do IC, observou-se um pico negativo proeminente que antecedia o componente P1, registro característico de PEAC obtido em um sistema que não foi estimulado adequadamente, como nas crianças com perda auditiva severa ou profunda desse estudo. A latência do componente P1 diminuiu com o tempo de uso, alcançando morfologia e valores normais após três meses de uso do IC bilateral, sem diferença entre os grupos.</p>
Key, Porter e Brandham (2010)	<p>Os estímulos /ba/, /bu/, /ga/ e /gu/ foram apresentados na intensidade de 75 dB NPS por meio de caixa acústica posicionada 1,5 m do paciente. O intervalo interestímulo variou de 1800 a 2800 ms.</p> <p>Os PEACs foram pesquisados em cinco crianças com audição normal e em uma criança que foi implantada unilateralmente aos 28 meses de idade, reimplantada aos 42 meses e aos seis anos de idade recebeu o IC na orelha contralateral.</p> <p>De maneira geral, os registros obtidos antes da ativação do 2º IC e com dois meses de uso do IC bilateral foram caracterizados como imaturos, uma vez que foram caracterizados por uma negatividade seguida por uma larga positividade. Com quatro meses de uso do IC bilateral foi possível registrar os componentes P1 e N1; e com seis meses foi possível identificar o complexo P1-N1-P2. Contudo, o componente P2 não foi registrado na maioria das sessões e, quando presente, apresentava amplitude reduzida. Quanto à percepção auditiva da fala, após sete meses de uso do IC bilateral houve melhora, porém não significativa, para o teste com palavras monossílabas. Por outro lado, o escore obtido no teste de sentenças no silêncio apresentou uma melhora notável.</p>

Tabela 1 - Breve descrição dos estudos que analisaram os potenciais evocados auditivos corticais em crianças com IC bilateral sequencial

(continua)

Gordon, Wong e Papsin (2010)	<p>Os potenciais foram evocados por trem de pulsos elétricos, com duração de 36 ms, apresentados a um eletrodo apical (nº 20) para cada IC, separadamente. A taxa de estimulação foi de 1 Hz.</p> <p>As respostas auditivas corticais foram registradas com 64 eletrodos em duas crianças com audição normal (13 e 18 anos) e em oito crianças que tinham tempo de uso do IC bilateral de três a quatro anos, sendo uma com IC bilateral simultâneo e as demais com IC bilateral sequencial (A idade na cirurgia do 1º IC variou dos 0,8 aos 4,1 anos e do 2º IC dos 1,6 aos 9,7 anos). A idade cronológica na realização do exame variou de 4,3 a 13,6 anos.</p> <p>Nas crianças com audição normal, o P1 foi gerado no córtex auditivo primário/secundário tanto para a estimulação da orelha direita quanto da esquerda. Áreas similares foram ativadas em resposta à estimulação do IC da orelha direita e do IC da orelha esquerda na criança com IC bilateral simultâneo e nas crianças com IC bilateral sequencial que apresentavam curto período de intervalo entre os implantes (menos de um ano). Contudo, em crianças com IC sequencial com longo intervalo de tempo entre as cirurgias, a estimulação do 2º IC resultou na ativação de áreas parietais em ambos os hemisférios, além da ativação do córtex auditivo primário/secundário no hemisfério contralateral, enquanto que o córtex auditivo primário e secundário foram ativados com o 1º IC. A diferença da amplitude inter-hemisférica entre a atividade evocada nos córtices auditivos direito e esquerdo foi calculada. Nas duas crianças com audição normal, na que realizou o IC simultâneo e em duas que realizaram o IC sequencial até 1.6 anos de idade e com curto intervalo entre as cirurgias, a estimulação da orelha esquerda resultou predominantemente na ativação do hemisfério direito. A estimulação da orelha direita evocou uma atividade mais simétrica entre os dois hemisférios corticais, porém com a lateralização da atividade para o hemisfério esquerdo. Das cinco crianças com IC bilateral sequencial que receberam o 2º IC após longo tempo de uso do IC unilateral, em quatro crianças a estimulação tanto da orelha direita quanto da esquerda ativou predominantemente o córtex esquerdo. Na outra criança houve uma ativação atípica sempre do hemisfério ipsilateral ao IC estimulado.</p>
------------------------------	---

Tabela 1 - Breve descrição dos estudos que analisaram os potenciais evocados auditivos corticais em crianças com IC bilateral sequencial

(continua)

Gordon, Wong e Papsin (2013)	<p>Os potenciais foram evocados por trem de pulsos elétricos, com duração de 36 ms, apresentados a um eletrodo apical (nº 20) para cada CI, separadamente. A taxa de estimulação foi de 1 Hz.</p> <p>As respostas auditivas corticais foram registradas com 64 eletrodos em sete crianças com audição normal, em oito usuárias de IC unilateral, em 16 com IC bilateral sequencial e em 10 com IC bilateral simultâneo. A média de idade no teste para cada grupo foi de 11,02, 9,52, 7,79 e 5,01 anos, respectivamente. A média de idade na cirurgia do 1º IC, realizado na orelha direita, foi de 1,87 anos e no 2º IC foi 4,22 anos, a média na cirurgia para o grupo com IC unilateral, apenas na orelha direita, foi 2,31 anos e para as crianças com IC bilateral simultâneo foi 1,74 anos.</p> <p>A lateralização cortical no grupo com IC simultâneo foi semelhante à obtida no grupo com audição normal. Para o grupo sequencial e unilateral, ocorreu um aumento da lateralização para o córtex contralateral (esquerdo) em resposta à estimulação do 1º IC ou do IC unilateral com o aumento do tempo de uso do IC unilateral, enquanto que a lateralização diminuiu no córtex contralateral, direcionando-se ao córtex ipsilateral com a estimulação do 2º IC. As respostas na lateralização apresentaram diferença do grupo simultâneo quando o tempo de uso do IC unilateral foi superior a 1,48 para a estimulação do 1º IC e superior a 1,37 em resposta à estimulação do 2º IC. Para verificar se essas anormalidades podem ser evitadas com a restrição do período de uso do IC unilateral, a casuística do grupo sequencial foi dividida em dois grupos de acordo com o intervalo entre os implantes acima ou abaixo de 1,5 anos. Não houve diferença significativa dos valores de lateralização entre o grupo normal, simultâneo e sequencial com intervalo curto entre os implantes. Contudo, crianças com longo intervalo ou usuárias de IC unilateral apresentam valores maiores de lateralização com a estimulação do 1º IC e valores reduzidos com a estimulação do 2º IC em relação ao grupo normal. Ao estimular o 2º IC/orelha esquerda, a preferência pelo córtex contralateral ocorreu para o grupo normal, simultâneo e sequencial com curto intervalo entre os IC, mas não paa. Quanto à correlação dos resultados com o desempenho na percepção auditiva da fala, a lateralização para o córtex direito com a estimulação do 2º IC/orelha esquerda diminuiu de acordo com a piora no desempenho de percepção auditiva da fala com o 2º IC.</p>
------------------------------	---

Tabela 1 - Breve descrição dos estudos que analisaram os potenciais evocados auditivos corticais em crianças com IC bilateral sequencial

	(conclusão)
Sparreboom et al. (2014)	<p>Os PEACs foram evocados por pulsos bifásicos de tone bursts, com duração de 80 ms e taxa de estimulação de 1 Hz, apresentados a um eletrodo medial (nº 11) para cada IC separadamente.</p> <p>Os PEACs foram pesquisados em 29 crianças que realizaram o 1º IC dos 0,9 aos 2,7 anos de idade e o 2º IC dos 2,4 aos 8,5 anos de idade em dois momentos: após 12 e 24 meses da ativação do 2º IC.</p> <p>A latência do complexo P1-N1-P2 aos 24 meses foi menor que a obtida com 12 meses de uso do IC bilateral. A latência do componente P1 foi maior para a resposta obtida com a estimulação do 2º IC do que com o 1º IC nas duas sessões de avaliação. Apesar da latência do componente N1 ser maior no 2º IC inicialmente, após 24 meses de uso do IC bilateral esta diferença não foi significativa.</p>

Tabela 2 - Breve descrição dos estudos que analisaram a percepção auditiva da fala em crianças com IC bilateral sequencial

	(continua)
Autor (ano)	Descrição do estudo
Wolfe et al. (2007)	<p>Participaram deste estudo 12 crianças que receberam o 1º IC do um aos 3 anos de idade e o 2º IC dos 2 aos 9.5 anos de idade. A percepção auditiva a fala com cada dispositivo foi avaliada no silêncio, por meio de palavras em conjunto aberto, na intensidade de 50 dB. Um teste de reconhecimento em conjunto fechado foi utilizado para avaliar as crianças que não conseguiram realizar a prova anterior. O limiar de reconhecimento de fala no ruído foi pesquisado na condição unilateral e bilateral por meio de palavras espondáicas a 0º azimuth com ruído a 45 dB NA, apresentado a 180º azimuth.</p> <p>Após um ano de uso do IC bilateral, houve uma relação negativa significativa entre a duração da perda auditiva na orelha que recebeu o 2º IC e o desempenho da percepção auditiva da fala no silêncio utilizando apenas o 2º IC. A casuística foi dividida em dois grupos de acordo com a duração da perda auditiva na orelha em que o 2º IC foi realizado ser inferior ou superior a quatro anos. Não houve diferença de desempenho entre os dois grupos com o 1º IC, porém com o 2º IC o grupo com menor tempo de duração da perda auditiva apresentou melhor desempenho no silêncio.</p> <p>Para o teste com ruído, o desempenho na condição bilateral foi superior à condição unilateral com o 1º IC, sem diferença entre os grupos.</p>

Tabela 2 - Breve descrição dos estudos que analisaram a percepção auditiva da fala em crianças com IC bilateral sequencial

(continua)

Peters et al. (2007)	<p>Trinta crianças dos três aos 13 anos de idade receberam o 1º IC antes dos cinco anos de idade e foram divididas em três grupos de acordo com a idade na cirurgia do 2º IC: Grupo 1 – 3 a 5 anos; Grupo 2 – 5,1 a 8 anos; e Grupo 3 – 8,1 a 13 anos. O grupo 1 foi avaliado por meio de palavras multissilábicas, os grupos 2 e 3 por meio de palavras monossílabas e somente o grupo 3 foi avaliado com sentenças no silêncio. Para comparar o desempenho entre as condições de estimulação unilateral e bilateral no silêncio e ruído, um teste que avalia inteligibilidade de fala para palavras conhecidas foi realizado após três e nove meses da ativação do 2º IC. O ruído competitivo foi apresentado em três posições: na frente do paciente junto com o estímulo de fala, ao lado direito e ao lado esquerdo. No teste de palavras, o desempenho apresentado com o 1º IC manteve-se semelhante durante o primeiro ano de uso do IC bilateral, enquanto que o desempenho com o 2º IC melhorou significativamente neste mesmo período para os três grupos. Contudo, o desempenho com o 2º IC foi inferior ao apresentado com o 1º IC após 12 meses de uso do IC bilateral apenas para o grupo 3. O desempenho na condição bilateral aos 12 meses foi melhor que o obtido antes da cirurgia do 2º IC, ou seja, na condição bimodal (IC + AASI) para os grupos 1 e 3. O teste de sentenças avaliado no grupo 3 apresentou resultados semelhantes aos obtidos com o teste de palavras. No teste de percepção auditiva de fala no ruído, não houve diferença no desempenho apresentado entre o 1º IC e o IC bilateral na avaliação aos três meses. Contudo, o desempenho com o IC bilateral foi melhor que as condições unilaterais para todas as posições de apresentação do ruído na avaliação com nove meses de uso do IC bilateral. Ao avaliar este teste em cada grupo, verificou-se que para o grupo 3 o desempenho na condição bilateral foi melhor que o obtido na estimulação do 1º IC com o ruído posicionado na frente e ao lado do 1º IC. Esta diferença não ocorreu nos grupos 1 e 2.</p>
Galvin, Hughes e Mok (2010)	<p>Participaram desse estudo nove indivíduos com aproximadamente 12 meses de uso do IC bilateral sequencial, na faixa etária de 11,2 a 20,1 anos de idade. A idade no 1º IC variou de um ano e nove meses a 11 anos e três meses (média de 4,5 anos). A média do intervalo entre os implantes foi de nove anos e onze meses e a média de idade na cirurgia do 2º IC foi 14 anos e 5 meses. Todas as crianças apresentavam pontuação acima de 78% no reconhecimento de sentenças com o IC unilateral.</p>

Tabela 2 - Breve descrição dos estudos que analisaram a percepção auditiva da fala em crianças com IC bilateral sequencial

(continua)

Galvin, Hughes e Mok (2010)	<p>Para avaliação da percepção auditiva da fala, vinte palavras espondáicas foram apresentadas o 0º azimuth com apenas o 1º IC ligado, apenas o 2º IC ligado e ambos os ICs ligados. O ruído foi apresentado contralateralmente ao 1º IC no teste com o 1º IC e IC bilateral e contralateralmente ao 2º IC ao testar o 2º IC. Com o ruído contralateral, não houve diferença entre o desempenho com o 1º IC e bilateral. Por outro lado, com o ruído ipsilateral ao 1º IC para o teste do 1º IC e IC bilateral e ipsilateral ao 2º IC para o teste do 2º IC, o desempenho com os dois ICs foi melhor que o apresentado com apenas o 1º IC. O desempenho obtido com o 1º IC foi melhor que o obtido com o 2º IC nas duas posições em que o ruído foi apresentado.</p>
Gordon e Papsin (2009)	<p>A percepção auditiva da fala foi avaliada em seis crianças que receberam o IC bilateral simultâneo com média de idade de 20,67 meses e em 52 usuárias de IC bilateral sequencial, que foram divididas em três grupos. Em dois grupos, a cirurgia do 1º IC foi realizada antes dos 3 anos de idade, contudo 15 dessas crianças receberam o 2º IC com até dois anos de intervalo de tempo entre os ICs (curto intervalo) e 30 crianças após os dois anos (longo intervalo). Sete crianças receberam o 1º IC após os três anos de idade e o 2º IC após dois anos de intervalo (longa privação e longo intervalo). Listas de palavras foram apresentadas com apenas o 1º IC ligado (IC direito para o grupo simultâneo), apenas o 2º IC ligado e ambos os ICs ligados. Para o teste no ruído, o mesmo foi apresentado a 0º azimuth. As crianças foram avaliadas aos seis, 12, 18, 24 e 36 meses de uso do IC bilateral.</p> <p>Nos primeiros 12 meses de uso do IC, o grupo com curto intervalo apresentou melhores resultados que os demais na avaliação do 1º IC ou do IC da orelha direita. Este grupo também apresentou melhor desempenho com o 2º IC e com o IC bilateral que os demais grupos com IC sequencial.</p> <p>Ao comparar as condições sem e com ruído, o desempenho com o 1º IC foi pior no ruído para todos os grupos, com exceção do grupo com curto intervalo, e o desempenho com o 2º IC relativo ao 1º IC foi pior no ruído para os grupos com longo intervalo. O desempenho com os dois ICs no silêncio e ruído foi superior ao desempenho com apenas um IC no silêncio para os grupos simultâneo e curto intervalo. Por outro lado, nos grupos com longo intervalo o desempenho com o 1º IC no silêncio foi semelhante ao bilateral no silêncio e superior ao desempenho com os dois ICs no ruído.</p> <p>Ao analisar os escores em relação ao 1º IC ou IC da orelha direita nos testes sem ruído, verificou-se que a condição de teste e o intervalo foram preditores significantes.</p>

Tabela 2 - Breve descrição dos estudos que analisaram a percepção auditiva da fala em crianças com IC bilateral sequencial

(continua)

Sparreboom, Snik e Mylanus (2011)	<p>Vinte e nove crianças que foram implantadas unilateralmente de 1,1 a 2,7 anos de idade (média=1,8 ano) e receberam o 2º IC dos 2,8 aos 8,5 anos de idade (média=5,3 anos) foram avaliadas antes da cirurgia do 2º IC e com seis, 12 e 24 meses de uso do IC bilateral. Um grupo controle de nove crianças usuárias de IC unilateral também foi avaliado.</p> <p>A percepção auditiva da fala foi avaliada por meio de monossílabos em conjunto fechado no silêncio e no ruído, o qual foi apresentado do mesmo lado do 1º IC ou do IC unilateral. Aos 24 meses, uma condição de ruído adicional foi estudada (ruído e fala apresentados a 0º azimute) para calcular o <i>spatial release from masking</i>.</p> <p>Para o teste de palavras no silêncio, o desempenho apresentado com o 2º IC foi inferior ao 1º IC e bilateral em todas as sessões de avaliação. O desempenho bilateral foi superior ao apresentado com o 1º IC nas sessões de avaliação após seis meses e dois anos de uso do IC bilateral. Houve uma significativa vantagem bilateral, calculada como a diferença entre as respostas obtidas com a estimulação bilateral e a melhor resposta unilateral, após seis meses e de uso, com melhora significativa com dois anos. Apesar da melhora com o tempo para o 2º IC, o desempenho aos 24 meses foi inferior ao grupo com o IC unilateral.</p> <p>Para o teste no ruído, a melhora no desempenho com o 2º IC foi superior à melhora do 1º IC e IC bilateral. Apesar da pontuação com o IC bilateral ter sido superior às condições unilaterais aos seis meses de uso do IC bilateral, essa diferença não foi significativa aos 12 e 24 meses. Ao comparar com o grupo com IC unilateral, as crianças com IC bilateral foram melhores após 24 meses de uso. Em relação ao <i>spatial release from masking</i>, a média de 1,8 dB foi significativa quando o ruído apresentado a 0º azimute se deslocou para o mesmo lado do 1º IC.</p>
Asp et al. (2012)	<p>Participaram desse estudo 64 crianças com idades entre 5,1 e 11,9 anos (média=8 anos) que faziam uso do IC bilateral no período de 1,7 a 6,2 anos, sendo 57 com IC bilateral sequencial. A média de idade na primeira e na segunda cirurgia foi de 2,4 anos (variação: 0,9 a 6,3 anos) e 5,0 anos (variação: 1,6 a 9,3 anos), respectivamente. A média do intervalo entre os ICs foi de 2,6 anos, com variação de 0,3 a 6,3 anos. A média de idade na cirurgia para as crianças com IC simultâneo foi de 2,5 anos (variação: 1,6 a 4,1 anos). O grupo controle foi composto por 30 crianças com audição normal com média de idade de 6,8 (variação: 4,8 a 9 anos).</p>

Tabela 2 - Breve descrição dos estudos que analisaram a percepção auditiva da fala em crianças com IC bilateral sequencial

(continua)	
Asp et al. (2012)	A percepção auditiva da fala foi avaliada com monossílabos apresentados na condição unilateral e bilateral. A média da pontuação obtida bilateralmente foi superior à média obtida com o melhor IC na condição unilateral, correspondendo, em média, à diferença de uma palavra no silêncio e de três palavras no teste no ruído. O tempo de uso do IC bilateral foi uma variável significativa para a pontuação obtida com o teste no silêncio, mas não no ruído. As crianças com IC apresentaram desempenho inferior às crianças sem perda.
Graham et al. (2013)	Participaram dessa pesquisa 30 indivíduos com IC bilateral sequencial e quatro indivíduos com perda auditiva unilateral congênita que com o passar do tempo perderam a audição na orelha contralateral e receberam o implante na orelha com perda profunda congênita nas idades de 13, 37, 45 e 55 anos. A idade do 2º IC variou de 3 a 55 anos. Nos indivíduos em que não foi possível aplicar uma lista de sentenças, um fator de conversão foi aplicado para o teste aplicado para possibilitar uma comparação entre os escores. A idade em que o 2º IC foi realizado foi um bom preditor do baixo desempenho na percepção auditiva da fala quando realizado acima dos 17 anos de idade.
Vischer et al., (2013)	A percepção auditiva da fala foi avaliada longitudinalmente nos primeiros dois anos de uso do IC bilateral por meio de monossílabos e/ou números polissilábicos em 46 indivíduos usuários de IC bilateral sequencial, sendo 20 adultos com perda auditiva pós lingual, 16 crianças e 10 adolescentes. A análise dos resultados foi realizada de forma descritiva. Todos os adultos apresentaram ótimos resultados de percepção auditiva da fala. O desempenho apresentado pelas crianças com o 2º IC melhorou com o tempo de uso, principalmente nas primeiras quatro sessões de avaliação, ou seja, nos primeiros seis meses de uso do IC bilateral. O desempenho da percepção auditiva da fala não pareceu ter correlação com o intervalo entre os implantes em crianças e adultos. Sete adolescentes apresentaram baixa pontuação nos testes utilizados, mesmo após três anos de uso do IC bilateral.
Kim, Kim e Jeong (2013)	Foram incluídas nesse estudo 42 crianças que receberam o 1º IC aos dos 2 aos 9,4 anos de idade (média: 2 anos) e o 2º IC dos 6,1 aos 14 anos de idade (média=9,7 anos). As crianças foram divididas em três grupos de acordo com o intervalo entre os implantes: Grupo 1) 3 a 4,9 anos (n=19); Grupo 2) 5 a 6,9 anos (n=18); e Grupo 3) 7 a 9,9 anos (n=5).

Tabela 2 - Breve descrição dos estudos que analisaram a percepção auditiva da fala em crianças com IC bilateral sequencial

(continua)

Kim, Kim e Jeong (2013)	<p>Para avaliar a percepção auditiva da fala no silêncio, os resultados obtidos com a estimulação do 2º IC para a apresentação de monossílabos, sentenças e as categorias de audição aos três, seis e doze meses de uso do IC bilateral foram comparados aos resultados obtidos enquanto as crianças eram usuárias de IC unilateral. A avaliação de percepção auditiva da fala no ruído foi realizada por volta dos seis meses de uso do IC bilateral. O estímulo de fala foi apresentado sempre a 0º azimuth enquanto que o ruído foi apresentado em três condições: a 0º azimuth, ao lado do 1º IC e ao lado do 2º IC. Os resultados obtidos com o 2º IC com três meses de uso na avaliação da percepção auditiva da fala no silêncio e ruído foram inferiores aos resultados obtidos com o IC unilateral. Contudo, essa diferença não existiu na avaliação realizada aos seis e doze meses de uso. Quanto à categoria de audição, o resultado foi semelhante entre o 2º IC e IC unilateral somente aos 12 meses de uso do IC bilateral. Para o teste no ruído, as crianças apresentaram melhor desempenho com os dois ICs em comparação à quando eram usuárias de IC unilateral. Não houve diferença entre os três grupos e nem entre as três direções em que o ruído foi apresentado.</p>
Illg et al. (2013)	<p>Setenta e três pacientes com IC bilateral sequencial foram avaliados com listas de palavras no silêncio e sentenças no silêncio e ruído na condição de estimulação unilateral e bilateral. A média da idade na cirurgia do 1º IC foi 2,72 anos e do 2º IC foi 11,57 anos. O tempo médio de uso do IC bilateral na avaliação foi de 4,01 anos.</p> <p>Os participantes foram divididos em diferentes grupos para análise dos resultados de acordo com cada um dos seguintes preditores: idade na primeira cirurgia; intervalo entre os implantes, tempo de uso do AASI; e tempo de uso do IC bilateral.</p> <p>Para análise dos resultados para o preditor idade na cirurgia do 1º IC, a casuística foi dividida em três grupos: 1) 1 a 2 anos; 2) 2 a 3 anos; e 3) 3 a 9 anos. Os resultados obtidos com a estimulação bilateral foram semelhantes aos obtidos com o 1º IC para o teste no silêncio. O desempenho com o IC bilateral foi superior ao 1º IC no ruído apenas para o Grupo 2. Crianças do Grupo 1 apresentaram um desempenho superior aos demais grupos com o teste de palavras no ruído. Contudo, essa diferença não existiu para os demais testes.</p>

Tabela 2 - Breve descrição dos estudos que analisaram a percepção auditiva da fala em crianças com IC bilateral sequencial

(continua)	
Illg et al. (2013)	<p>Ao considerar o intervalo entre os implantes como preditor, a casuística foi dividida em: Grupo 1) 5 a 7 anos; Grupo 2) 7 a 9 anos; e Grupo 3) 9 a 15 anos. O reconhecimento de palavras foi melhor para crianças do Grupo 1 em comparação ao Grupo 3 e para as sentenças, o reconhecimento obtido no Grupo 1 foi melhor que o dos Grupos 2 e 3. Houve uma tendência para maior diferença entre o 1º e 2º IC quanto maior o intervalo entre os implantes. Os dois preditores acima foram combinados e os resultados foram significantes apenas para as crianças que receberam o 1º IC entre os dois e três anos de idade, que demonstraram melhores resultados para menor intervalo entre os implantes. A casuística também foi dividida de acordo com o tempo de uso do AASI após a cirurgia do IC unilateral em grupos: 1) Menos de um ano; 2) 1 a 3 anos; 3) 3 a 16 anos. Não houve diferença no desempenho do 2º IC entre os grupos para palavras, porém constatou-se que crianças que utilizaram o AASI por mais tempo (Grupos 2 e 3) apresentaram resultados melhores para sentenças no silêncio e ruído. Para analisar o efeito adicional do tempo de uso do IC unilateral apenas, calculou-se a diferença do intervalo entre os implantes e do uso do IC+AASI. Assim, três grupos foram analisados: 1) 0 a 5 anos; 2) 5 a 8 anos, e 3) 8 a 16 anos de uso de estimulação somente do IC unilateral. Os resultados demonstraram que o Grupo 1 apresentou melhor desempenho com o 2º IC em relação ao Grupo 3 para todos os testes. Por fim, as crianças foram divididas de acordo com o tempo de uso do IC bilateral: 1) 1 a 3 anos; 2) 3 a 5 anos, e 3) 5 a 9 anos. Não houve diferença entre os grupos para sentenças no ruído, contudo o desempenho no silêncio foi melhor para as crianças com longo tempo de uso do IC bilateral.</p>
Ramos-Macías et al. (2014)	<p>A percepção auditiva da fala foi avaliada por meio de dissílabos e sentenças no silêncio e ruído em 31 crianças usuárias de IC unilateral e 26 usuárias de IC bilateral sequencial. Todas foram avaliadas aos 12 anos de idade e receberam o 1º IC antes dos cinco anos. O grupo sequencial foi dividido em dois subgrupos quanto à idade do primeiro IC: Grupo 1 - 10 meses a 2 anos (n=25); e Grupo 2 – 3 a 5 anos de idade (n=32). A média de idade na cirurgia para o 1º IC foi 2,77 anos e para o 2º IC foi 4,23 anos.</p> <p>Nas crianças com IC bilateral sequencial não houve diferença na percepção auditiva da fala entre os dois subgrupos. Contudo, crianças que receberam o 1º IC antes dos dois anos de idade e com um intervalo entre os implantes de até quatro anos apresentaram resultados significativamente melhores nos testes de percepção auditiva da fala.</p>

Tabela 2 - Breve descrição dos estudos que analisaram a percepção auditiva da fala em crianças com IC bilateral sequencial

(continua)

Killan, Killan e Raine (2015)	<p>A percepção auditiva da fala no silêncio e ruído foi avaliada em 17 crianças após dois e quatro anos da ativação do 2º IC. A idade na primeira avaliação variou de 62 a 156 meses (mediana=119 meses) e de 85 a 182 meses na segunda avaliação (mediana=142 meses). O intervalo entre os implantes variou de 19 a 95 meses (mediana=49 meses). O <i>spatial release from masking</i> foi calculado a partir da subtração do limiar de reconhecimento de fala obtido com o ruído posicionado ao lado do IC do limiar posicionado a 0º azimuth, para cada IC. Em relação ao teste no silêncio, na primeira avaliação o 1º IC apresentou melhor desempenho em relação ao 2º IC. Com o tempo de uso, o desempenho para os dois IC melhorou, de forma mais evidente para o 2º IC, porém, na segunda avaliação os resultados com o 1º IC continuaram a ser melhores. Os resultados do teste no ruído indicaram que a direção do ruído e o tempo de uso do IC bilateral foram significantes. Na primeira avaliação, houve diferença no limiar obtido com o ruído posicionado ao lado do 1º e do 2º IC, porém essa diferença não existiu na avaliação com quatro anos de uso do IC bilateral. Quanto aos resultados do <i>spatial release from masking</i>, observou-se melhora mais evidente quando o ruído foi apresentado do mesmo lado que 1º IC do que o 2º IC. Com o tempo de uso, os resultados no <i>spatial release from masking</i> foram mais simétricos.</p>
Sparreboom et al. (2015)	<p>O desempenho na percepção auditiva da fala foi avaliado por meio de palavras no silêncio e no ruído em um grupo de 24 crianças com IC bilateral, o qual foi comparado a um grupo de 26 crianças com IC unilateral. A idade no 1º IC ou do IC unilateral variou de 0,9 a 2,6 anos e o intervalo entre os implantes de 1,2 a 7,2, com média de 3,4 anos. Crianças com IC bilateral que frequentavam escola regular apresentaram melhor desempenho na percepção auditiva da fala no silêncio e ruído que crianças com IC unilateral que frequentavam escola para surdos.</p>
Friedmann et al. (2015)	<p>Participaram desse estudo 25 indivíduos com perda auditiva congênita e dois com perda auditiva progressiva. Todos receberam o 1º IC na infância, com exceção de cinco indivíduos que receberam no início da adolescência, mas todos apresentavam bom desempenho auditivo. A cirurgia do 2º IC foi realizado durante a adolescência (10 a 17 anos de idade). A média de idade no 1º IC foi de 5,3 anos, do 2º IC de 13,5 e a média do intervalo entre os implantes de 8,2 anos.</p>

Tabela 2 - Breve descrição dos estudos que analisaram a percepção auditiva da fala em crianças com IC bilateral sequencial

(continua)	
Friedmann et al. (2015)	A percepção auditiva da fala foi avaliada por meio de palavras e sentenças no ruído nas condições unilateral e bilateral antes da 2ª cirurgia e com três a seis meses de uso do IC bilateral em 21 indivíduos na avaliação mais recente (6 a 79 meses, com média de 36 meses). Os resultados obtidos com apenas o 2º IC ligado foram melhores que os obtidos nessa mesma orelha antes da cirurgia apenas para o teste de palavras. Não houve correlação do desempenho apresentado com apenas o 2º IC ligado e na condição bilateral com a idade em que o 1º IC ou o 2º IC foram realizados e nem com o intervalo entre os implantes. Houve uma correlação negativa da idade na cirurgia do 2º IC com a melhora obtida ao longo do tempo para sentenças no ruído e uma correlação positiva do intervalo entre os implantes com a melhora da pontuação obtida com a estimulação do 2º IC ao longo do tempo no teste de sentenças no ruído. O desempenho apresentado com o IC unilateral não foi um preditor do desempenho com o 2º IC, mas apresentou associação com o desempenho com o IC bilateral. A idade em que o 1º IC foi realizado (antes ou depois dos 3,5 anos) influenciou apenas o desempenho apresentado com o 1º IC.
Raeve, Vermeulen e Snik (2015)	Foram avaliadas 16 crianças com IC unilateral e 21 que faziam uso da estimulação binaural, sendo nove crianças com uso bimodal e as demais com IC bilateral, após três anos da primeira cirurgia por meio de lista de monossílabos em duas intensidades diferentes, 60 e 45 dB NPS. Para a situação de escuta mais complexa (45 dB NPS), o grupo bilateral apresentou melhor desempenho que o grupo com IC unilateral, independente se as crianças do grupo bilateral frequentavam escola regular ou para surdos.
Kocdor et al. (2016)	Participaram desse estudo 290 indivíduos com IC bilateral, sendo que apenas 14 receberam os IC simultaneamente. A média de idade na cirurgia do 1º IC foi de 3,2 anos (variação: 0,6 a 17,9 anos) e na cirurgia do 2º IC foi 6,6 anos (variação: 0,8 a 22, anos). Os dados de percepção auditiva da fala por meio de palavras estavam disponíveis para 240 indivíduos. A pontuação obtida com o 1º IC foi melhor que a obtida com o 2º IC. Um bom resultado na percepção auditiva da fala com o 2º IC foi apresentado com intervalo entre os implantes de três a quatro anos. Com intervalos entre os implantes de 7 a 8 anos, poucos indivíduos apresentaram bom desempenho com o 2º IC. Fatores como idade do 1º IC, início da perda auditiva, etiologia, gênero, lado do IC, desordem do espectro da neuropatia auditiva, malformações do labirinto e atraso do desenvolvimento não apresentaram impacto na percepção auditiva da fala com o IC bilateral.

Tabela 2 - Breve descrição dos estudos que analisaram a percepção auditiva da fala em crianças com IC bilateral sequencial

(continua)

Sparreboom et al. (2016)	<p>Participaram desse estudo 21 crianças com perda auditiva pré-lingual que foram implantadas unilateralmente de 0,9 a 2,3 anos de idade (média=1,7 anos) e receberam o 2º IC na orelha contralateral dos 2,4 aos 8,5 anos de idade (média=5 anos).</p> <p>A percepção auditiva da fala foi avaliada por meio de uma lista de palavras, apresentada para cada IC separadamente. A diferença na pontuação entre os dois IC foi considerada para análise. O tempo de uso do 2º IC foi classificado em quatro categorias: 1) Integral – A criança faz uso do IC durante o dia inteiro, com exceção dos momentos de banho e para dormir; 2) A criança faz uso do 2º IC na maior parte do tempo; 3) Uso limitado do 2º IC; e 4) Não usa o 2º IC. A quantidade de tempo que a criança utiliza o 2º IC apresentou efeito significativo na diferença entre o 1º e 2º IC na percepção auditiva da fala, ou seja, quanto menor o tempo de uso do 2º IC, maior a diferença entre os dois IC. O intervalo entre os implantes não influenciou na percepção auditiva da fala. O potencial auditivo de tronco encefálico evocado eletricamente também foi analisado neste estudo. Constatou-se que a diferença na onda V obtida para os dois IC apresentou uma influência positiva na diferença entre os IC na percepção auditiva da fala, ou seja, quanto maior a diferença interaural da onda V, maior a diferença na percepção auditiva da fala, em favor do 1º IC.</p>
Reeder et al., 2016	<p>Participaram desse estudo 24 crianças. A média de idade no 1º IC foi 5,11 anos e no 2º IC foi 14,25 anos, com intervalo entre os implantes de 9,14 anos.</p> <p>O reconhecimento de palavras e sentenças no silêncio e ruído em resposta à estimulação unilateral e bilateral foi verificado em oito sessões de avaliação durante os dois primeiros anos de uso do IC bilateral. Em todas as sessões de avaliação, a estimulação do 1º IC resultou em melhor desempenho que a do 2º IC. A resposta com o IC bilateral foi melhor que a obtida com o 1º ou 2º IC, com exceção do reconhecimento de palavras no silêncio, no qual não houve diferença entre os resultados com o IC bilateral e com o 1º IC. Houve correlação do intervalo entre os implantes com o desempenho obtido nos testes de percepção auditiva da fala. Crianças que utilizaram o AASI apresentaram melhor desempenho com o 2º IC no teste de palavras no silêncio e no ruído.</p>

Tabela 2 - Breve descrição dos estudos que analisaram a percepção auditiva da fala em crianças com IC bilateral sequencial

		(continua)
Cullington et al., 2017	<p>Participaram desse estudo, 465 crianças com IC bilateral simultâneo e 536 com IC bilateral sequencial. A média da idade na cirurgia para as crianças com IC bilateral simultâneo foi 2,1 anos. Nas crianças com IC bilateral sequencial, a idade na cirurgia do 1º IC variou de 0,4 a 17,2 anos (mediana=2,6 anos), a idade no 2º IC variou de 1,2 a 18 anos (mediana=8,2) e o intervalo entre os implantes variou de 0,1 a 14,5 anos (mediana=4,9 anos). Dependendo da idade da criança, a percepção auditiva da fala foi avaliada por um teste de reconhecimento em conjunto fechado ou por uma lista de sentenças, ambos no silêncio e no ruído. O <i>spatial release from masking</i> também foi analisado.</p> <p>A percepção auditiva da fala só foi avaliada no grupo sequencial, no qual 84 crianças apresentaram resultados no teste de reconhecimento em conjunto fechado e 126 no teste de palavras com um ano de uso do IC bilateral. Os resultados desses testes foram combinados para avaliar o limiar de reconhecimento de fala no ruído antes da cirurgia do 2º IC e com um ano de uso do IC bilateral. Houve uma melhora na percepção auditiva da fala entre essas duas avaliações. Uma vez que não houve correlação da percepção auditiva da fala na sessão pré-operatória com a idade da criança e o tempo de uso do IC unilateral, os autores sugeriram que a melhora não ocorreu por causa do desenvolvimento da criança ou tempo de uso do IC unilateral. Essa melhora apresentou correlação negativa com o intervalo entre os implantes. Após dois anos de uso do IC bilateral sequencial foi possível observar o <i>spatial release from masking</i> em poucas crianças, o que não permitiu outras análises.</p>	
Bianchin et al. (2017)	<p>O total de 25 crianças foi dividido em três grupos de acordo com intervalo entre os implantes: Grupo 1) 1 a 3 anos; Grupo 2) 4 a 6 anos; e Grupo 3) 7 a 12 anos. Listas de dissílabos no silêncio e no ruído foram apresentadas com três, seis e doze meses de uso do IC bilateral, mas somente os resultados obtidos aos doze meses foram descritos. O desempenho com o 1º IC foi superior ao obtido com o 2º IC apenas para o Grupo 3. Na percepção auditiva da fala no silêncio, o desempenho com o IC bilateral foi superior ao apresentado com o 1º IC apenas para o Grupo 1. Quanto à percepção auditiva da fala no ruído, melhores respostas foram obtidas com a estimulação do 1º IC em relação ao 2º IC para todos os grupos avaliados, assim como a resposta obtida com o IC bilateral foi melhor que a obtida com o 1º IC para todos os grupos.</p>	

Tabela 2 - Breve descrição dos estudos que analisaram a percepção auditiva da fala em crianças com IC bilateral sequencial

	(conclusão)
Illg et al. (2017)	<p>Das crianças que participaram deste estudo, 157 receberam o 2º IC com intervalo entre os implantes inferior a quatro anos e 93 crianças implantaram o IC sequencial após quatro anos de uso do IC unilateral. A casuística foi dividida em seis grupos de acordo com o intervalo entre os implantes: Grupo 1) Menos que dois anos; Grupo 2) 3 a 4 anos; Grupo 3) 5 a 6 anos; Grupo 4) 7 a 8 anos; Grupo 5) 9 a 10 anos; e Grupo 6) Mais que 11 anos. As listas de monossílabos no silêncio e sentenças no silêncio e ruído foram utilizadas para verificar o desempenho na percepção auditiva da fala. Os dados demonstraram que para a lista de palavras, os grupos 1 e 2 apresentaram melhor desempenho que os grupos 4, 5 e 6, enquanto que o grupo 3 não apresentou diferença nem dos dois primeiros grupos nem dos três últimos. Houve uma correlação negativa entre a percepção auditiva da fala e a idade na cirurgia do 2º IC. O desempenho com o IC bilateral foi superior ao 1º e 2º IC na lista de sentenças no silêncio e ruído. Para as crianças que apresentaram melhor pontuação com a estimulação do 2º IC do que com o 1º IC, observou-se uma correlação negativa entre percepção auditiva da fala e idade na cirurgia do 2º IC. Para verificar a correlação da percepção auditiva da fala com a idade na primeira cirurgia, a casuística foi dividida em dois grupos: Grupo A) 0 a 2 anos (n=55); e Grupo B) 2 a 4 anos (n=42). O desempenho apresentado na lista de palavras com o 2º IC e com o IC bilateral foi melhor para o Grupo A do que para o Grupo B. Para analisar a influência da idade na primeira cirurgia juntamente com o intervalo entre os implantes, o Grupo A e o Grupo B foram subdivididos em dois, com intervalo entre os implantes abaixo ou acima de 4 anos. Tanto no Grupo A quanto no Grupo B, houve diferença significativa no desempenho com o 2º IC entre os dois subgrupos. Adicionalmente, naquelas crianças com intervalo entre os implantes superior a quatro anos, houve diferença entre a percepção auditiva da fala com o 1º e o 2º IC.</p>

3 Proposição

3 PROPOSIÇÃO

Verificar o desenvolvimento auditivo cortical e de percepção auditiva da fala em crianças submetidas ao implante coclear bilateral sequencial.

4 Material e Métodos

4 MATERIAL E MÉTODOS

Trata-se de um estudo longitudinal, realizado em crianças usuárias de IC bilateral sequencial acompanhadas na Seção de Implante Coclear do Hospital de Reabilitação de Anomalias Craniofaciais (HRAC), Centro de Pesquisas Auditivas, Universidade de São Paulo, campus Bauru (USP). O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética desta instituição, CAAE: 39194314.4.0000.5441.

4.1 SELEÇÃO DA CASUÍSTICA

Até dezembro de 2017, 124 crianças e adolescentes usuários de IC unilateral foram submetidos à cirurgia para implantação na orelha contralateral na Seção de Implante Coclear do HRAC – USP. Desses pacientes, foram incluídos os que realizaram a cirurgia para o 2º IC ainda quando crianças, correspondendo aos 12 anos de idade incompletos, segundo o Estatuto da Criança e do Adolescente (BRASIL, 2017). Adicionalmente, apenas as crianças submetidas à cirurgia até julho de 2015 foram incluídas, a fim de permitir o acompanhamento longitudinal com o uso do IC bilateral.

Atendiam os critérios de inclusão 45 crianças, contudo 17 crianças foram excluídas deste total, devido ao diagnóstico de desordem do espectro da neuropatia auditiva (n=7); por não aceitarem a realização dos procedimentos dessa pesquisa ou que foram avaliadas apenas em uma sessão (n=4); perda auditiva adquirida após um ano de idade (n=2); não utilizarem o 2º IC (n=2); com comprometimentos neurológicos associados (n=1) e submetidas à cirurgia de reimplante coclear (n=1).

4.2 CASUÍSTICA

Participaram desse estudo 28 crianças usuárias de IC bilateral sequencial (18 do sexo masculino e 10 do feminino). O 1º IC foi realizado dos 0,8 aos 3,69 anos de idade, com média $1,98 \pm 0,73$ anos na orelha esquerda em 20 crianças. Após $5,13 \pm 2,37$ anos (variação: 0,79 a 9,26 anos) de uso do IC unilateral, as crianças receberam o 2º IC dos 2,15 aos 11,34 anos de idade ($7,12 \pm 2,68$). A descrição da casuística quanto à idade nos momentos cirúrgicos, componentes internos e intervalo de tempo entre as cirurgias está descrita na Tabela 3.

Tabela 3 - Caracterização da casuística quanto à idade cronológica nos momentos cirúrgicos (anos), componentes internos e intervalo entre os implantes (anos).

Criança	1º IC		2º IC		Intervalo entre ICs (anos)
	Idade (anos)	Dispositivo interno	Idade (anos)	Dispositivo interno	
C1	1,63	HiRes 90K	6,07	HiRes 90K	4,44
C2	1,79	PULSAR	8,36	SONATATI ¹⁰⁰	6,57
C3	2,20	PULSAR	7,29	SONATATI ¹⁰⁰	5,09
C4	1,26	SONATATI ¹⁰⁰	4,10	SONATATI ¹⁰⁰	2,84
C5	2,11	HiRes 90K	9,45	HiRes 90K	7,34
C6	2,27	Nucleus Freedom	6,24	Nucleus Freedom	3,97
C7	3,69	PULSAR	9,43	SONATATI ¹⁰⁰	5,74
C8	1,49	HiRes 90K	8,45	HiRes 90K	6,96
C9	1,52	PULSARci 100	8,86	SONATATI ¹⁰⁰	7,34
C10	1,49	SONATATI ¹⁰⁰	3,72	CONCERTO	2,23
C11	2,91	PULSAR	10,11	CONCERTO	7,20
C12	3,04	PULSAR	8,88	CONCERTO	5,84
C13	1,47	Nucleus Freedom	4,58	Nucleus Freedom	3,11
C14	1,25	Nucleus Freedom	4,15	Nucleus Freedom	2,90
C15	2,25	HiRes 90K	9,63	HiRes 90K	7,38
C16	0,89	Nucleus Freedom	7,13	Nucleus Freedom	6,24
C17	2,08	Nucleus 24k	11,34	Nucleus Freedom	9,26
C18	2,35	HiRes 90K	3,14	HiRes 90K	0,79
C19	1,73	Nucleus Freedom	3,50	Nucleus Freedom	1,77
C20	1,85	HiRes 90K	10,25	HiRes 90K	8,40
C21	2,07	SONATATI ¹⁰⁰	6,83	SONATATI ¹⁰⁰	4,76
C22	1,46	Nucleus 24k	8,98	Nucleus Freedom	7,52
C23	2,73	SONATATI ¹⁰⁰	7,65	SONATATI ¹⁰⁰	4,92
C24	3,53	Nucleus 24k	9,71	Nucleus Freedom	6,18
C25	2,15	Nucleus 24k	10,14	Nucleus Freedom	7,99
C26	2,62	SONATATI ¹⁰⁰	6,78	CONCERTO	4,16
C27	0,80	Nucleus Freedom	2,15	Nucleus Freedom	1,35
C28	1,06	Nucleus Freedom	2,57	Nucleus Freedom	1,51

IC = implante coclear.

O uso efetivo do AASI na orelha contralateral ao IC unilateral foi relatado por todas as crianças ou responsáveis, com exceção de uma criança (C16), contudo nenhuma apresentava desempenho satisfatório (Apêndice A).

4.3 POTENCIAIS EVOCADOS AUDITIVOS CORTICAIS

O equipamento com dois canais de registro *Smart EP USB Jr* da *Intelligent Hearing Systems®* foi utilizado para a pesquisa dos PEACs. As crianças foram avaliadas na ativação do 2º IC e nos retornos de três, seis e doze meses de uso do IC bilateral, de acordo com a rotina de atendimento do serviço. A avaliação nas quatro sessões de avaliação não foi possível em todas as crianças.

Os PEACs foram evocados pelo estímulo de fala /da/ com duração de 180 milissegundos (ms) (BANHARA, 2007), apresentado em campo livre com intervalo interestímulo de 526 ms e taxa de apresentação de 1,9 estímulos por segundo. Duas caixas acústicas foram posicionadas a 90º, com 40 centímetros de distância de cada orelha. Os estímulos foram apresentados por meio da caixa acústica do mesmo lado que o IC ligado durante a estimulação unilateral (apenas 1º IC ligado e apenas 2º IC ligado) e por meio das duas caixas na estimulação bilateral. Duas séries de 150 estímulos foram promediadas na intensidade de 70 decibel nível de pressão sonora (dB NPS) a fim de verificar a reprodutibilidade de ondas e uma série em 0 dB NPS foi realizada para controle.

Eletrodos descartáveis para eletroencefalograma (EEG) da 3M® com pasta condutiva para EEG da Ten 20TM® foram colocados após a limpeza da pele com gel abrasivo para Eletrocardiograma e EEG da NUPREP®. O nível de impedância aceito para os eletrodos foi igual ou abaixo de 3 KOhms. No canal A, o eletrodo ativo (+) foi posicionado em Cz e o eletrodo de referência na mastoide contralateral (M1 ou M2) ao IC ligado na estimulação unilateral e em Oz na estimulação bilateral. No canal B, os movimentos oculares foram monitorados para delimitar o nível de rejeição para o canal A e minimizar a interferência do movimento ocular na resposta auditiva (VENTURA; ALVARENGA; COSTA FILHO, 2009). O eletrodo ativo (+) foi posicionado na região supraorbital e o eletrodo de referência na posição infra-orbital do olho direito. O eletrodo terra foi posicionado em Fpz à esquerda.

A resposta captada foi amplificada em 100 vezes, com filtro passa-banda de 1 a 30 Hz e janela de análise de 100 ms pré-estímulo a 500 ms pós-estímulo. Durante a realização do exame, a criança permaneceu sentada em uma poltrona assistindo a um vídeo mudo.

4.4 AVALIAÇÃO DA PERCEPÇÃO AUDITIVA DA FALA

Para avaliação da percepção auditiva da fala foi considerado o reconhecimento de palavras (DELGADO; BEVILACQUA, 1999) e reconhecimento de sentenças com e sem ruído competitivo (OLIVEIRA, 1992). Os procedimentos foram realizados em três condições de estimulação (somente 1º IC ligado, somente 2º IC ligado e ambos ligados).

As crianças foram avaliadas nas mesmas sessões em que os PEACs foram pesquisados, com exceção da sessão correspondente à ativação do 2º IC. Os testes foram aplicados de acordo com o desempenho apresentado por cada criança, aspecto definido por fonoaudiólogos com treinamento específico em avaliação de crianças com perda auditiva.

4.4.1 Lista de Palavras (DELGADO; BEVILACQUA, 1999)

Trata-se de uma lista de 20 palavras dissílabas com estrutura silábica consoante-vogal/consoante-vogal (cvcv) que contém todas as vogais e praticamente todas as consoantes nas posições inicial e medial das palavras. As palavras foram apresentadas a viva voz, na intensidade de 60 dB nível de audição (NA) por meio de audiômetro. A caixa acústica foi posicionada a 0º azimuth em cabine revestida acusticamente. A porcentagem de palavras repetidas corretamente foi calculada.

4.4.2 Lista de reconhecimento de sentenças no silêncio e no ruído (OLIVEIRA, 1992)

Trata-se de um teste composto por três listas gravadas com 20 sentenças cada. As listas foram escolhidas aleatoriamente e apresentadas em 60 dB NA a 0º azimuth em cabine revestida acusticamente. Para o reconhecimento com ruído, um ruído de festa na intensidade de 50 dB NA foi apresentado simultaneamente na

mesma caixa acústica que as sentenças. Os resultados foram calculados em porcentagem.

4.5 ANÁLISE DOS RESULTADOS

A caracterização da casuística quanto à idade nos momentos cirúrgicos, tempo de intervalo entre os implantes foi descrita por meio de média, ± 1 desvio padrão, valores mínimo e máximo. Por outro lado, na análise estatística inferencial utilizou-se a média e ± 1 erro-padrão para apresentar uma medida de confiabilidade da média amostral calculada.

4.5.1 Preparação dos dados

Os registros dos PEACs foram salvos em arquivo ASCII, com extensão em .txt, opção disponível no *software* do Smart. Esse formato de arquivo disponibilizou o valor de amplitude para os 1024 pontos de cada registro, correspondendo às latências de -512 a +512. Foram selecionados os pontos correspondentes à janela de análise desse estudo, ou seja, de -100 a +500 ms em relação ao início do estímulo. Os arquivos foram abertos no Excel e uma única planilha com os dados demográficos, dos PEACs e da percepção auditiva da fala foi criada e importada na plataforma R (R CORE TEAM, 2017) para análise dos dados e a criação dos gráficos.

4.5.2 Reprodutibilidade dos PEACs

O coeficiente de correlação de concordância de Lin (LIN, 1989) foi utilizado para quantificar de forma objetiva a reprodutibilidade das duas ondas registradas em 70 dB NPS. De acordo com a distribuição do coeficiente de correlação de concordância obtido para cada registro foi adotado, neste estudo, que coeficientes abaixo de 0,2 representavam pobre correlação, o que excluiu do estudo os valores extremos. Registros com coeficientes acima de 0,2 foram considerados reprodutíveis e uma média das duas ondas foi calculada, o que representou a resposta auditiva cortical obtida em 70 dB NPS e considerada para as demais análises. No Apêndice B encontram-se os registros que exemplificam os diferentes coeficientes de correlação encontrados.

4.5.3 Análise dos PEACs por diferença da área

As respostas auditivas corticais obtidas nas três condições de estimulação (somente 1º IC ligado, somente 2º IC ligado e ambos ligados) foram sobrepostas criando três possíveis combinações (1º IC com 2º IC, estimulação bilateral com 1º IC e estimulação bilateral com 2º IC) para cada criança e em cada momento de avaliação. A área da diferença de amplitude entre os registros combinados foi calculada para cada milissegundo ($\mu\text{V}\cdot\text{ms}$) e posteriormente somadas para duas faixas de latência, 50 a 199 ms e 200 a 400 ms. Essas faixas de latência foram determinadas de forma subjetiva, com base na predominância de dois picos positivos observados no decorrer dos registros.

4.5.4 Definição dos picos dos PEACs para análise

A análise de variância (ANOVA) com medidas repetidas, seguida do *post-hoc* de Tukey foram utilizados para verificar diferenças significantes de amplitude entre as ondas obtidas em 0 e 70 dB NPS. Para tanto, comparou-se o valor médio de amplitude obtido a cada 10 ms nas faixas de latência de 50 a 200 ms e de 200 a 400 ms para cada condição de estimulação e em cada sessão de avaliação, nos indivíduos avaliados. Os segmentos de latência, ou seja, valor médio obtido a cada 10 ms, com diferenças significantes foram agrupados em faixas de latência que foram utilizadas para posterior análise individual dos registros.

Nas faixas de latência em que a amplitude do registro em 70 dB NPS apresentou predominantemente valores positivos em relação 0 dB NPS, os valores de amplitude máximos foram extraídos de cada registro. Da mesma forma, na faixa de latência em que a amplitude do registro em 70 dB NPS foi negativa, os valores de amplitude mínimo foram extraídos.

4.5.5 Análise dos PEACs durante o primeiro ano de uso do IC bilateral

As variáveis consideradas foram a amplitude dos picos (μV) e a área da diferença ($\mu\text{V}\cdot\text{ms}$) nas três combinações. Constatou-se que, as variáveis dependentes, principalmente relacionadas ao 2º IC, se modificaram de modo não linear durante o primeiro ano de uso do IC bilateral, como pode ser observado no

Apêndice C. Por isso, para todas as análises o tempo de uso foi transformado em escala logarítmica, o que permitiu realizar uma análise de regressão linear de efeitos mistos. Considerou-se como efeitos aleatórios a idade no 1º IC, intervalo entre os ICs e a variação intra-sujeito durante as medidas repetidas.

A fim de verificar se as mudanças nas variáveis analisadas foram significantes com o tempo de uso do IC bilateral, a comparação dos modelos de regressão foi determinada por meio da razão de verossimilhança. Ao considerar especificamente a mudança na área da diferença ($\mu\text{V}\cdot\text{ms}$), o *slope* da análise de regressão demonstrou o quanto esta variável se modificou para cada mês, em escala logarítmica, de uso do IC bilateral. Para calcular esta mudança nos intervalos de tempo de uso do IC entre as sessões de avaliação (um dia a três meses; três a seis meses e seis a doze meses) sem o impacto da escala logarítmica, foi necessário considerar o aumento em porcentagem que a sessão final, em meses, apresentou em relação à sessão inicial, em meses, de cada um dos três intervalos.

Assim, seis meses correspondem a 100% de aumento em uso do IC bilateral em relação aos três meses. Da mesma forma, 12 meses correspondem a um aumento de 100% de uso do IC em relação aos seis meses. O primeiro intervalo apresenta o maior aumento em porcentagem do tempo de uso do IC, uma vez que três meses correspondem ao aumento de 9900% em tempo de uso em relação a 0,03 meses (um dia). O *slope* do modelo de regressão foi multiplicado pela porcentagem de aumento do tempo de uso do IC para cada um dos intervalos considerados, indicando desta forma, a modificação da área da diferença ($\mu\text{V}\cdot\text{ms}$) entre as sessões de avaliação. Essa diferença será sempre maior para o primeiro intervalo em relação aos demais, o que está compatível com a característica não linear dos dados observados nesse estudo.

O teste t de Student foi utilizado para verificar se a área da diferença obtida para cada combinação aos 12 meses foi significantemente diferente de zero, ou seja, se as respostas eram assimétricas entre as combinações.

4.5.6 Percepção auditiva da fala

A diferença no desempenho na percepção auditiva da fala foi calculada para as três combinações descritas anteriormente, ou seja, entre o 1º e o 2º IC, entre IC bilateral e 1º IC e entre IC bilateral e 2º IC. De forma semelhante aos PEACs, observou-se uma tendência não linear da diferença no desempenho na

percepção auditiva da fala com o tempo de uso do IC bilateral. Assim, a análise descrita para a área da diferença dos PEACs também foi utilizada para analisar a diferença de desempenho para cada combinação. No caso de criança que não apresentavam habilidade auditiva para determinado teste, optou-se por apresentar o resultado 0% e incluí-la na análise.

4.5.7 Relação das variáveis dependentes com dados demográficos

A fim de verificar se as assimetrias significantes encontradas na área da diferença e percepção auditiva da fala aos 12 meses de uso do IC bilateral apresentavam relação com o intervalo entre os implantes e a idade na cirurgia do 1º IC e do 2º IC, utilizou-se um modelo de regressão linear simples.

Neste estudo, aplicou-se o nível de significância de 5%.

5 Resultados

5 RESULTADOS

5.1 POTENCIAIS EVOCADOS AUDITIVOS CORTICAIS

Nesse estudo, os PEACs foram pesquisados longitudinalmente durante o primeiro ano de uso do IC bilateral nas condições unilateral (apenas 1º IC ligado e apenas 2º IC ligado) e bilateral (os dois ICs ligados). A maioria das crianças (n=17, 61%) foi avaliada em quatro sessões propostas para as três condições de estimulação, nove crianças foram avaliadas em três sessões e duas crianças foram avaliadas em duas sessões, totalizando 293 registros.

O coeficiente de correlação de concordância de Lin demonstrou que 95% dos registros em 70 dB NPS apresentavam boa reprodutibilidade entre as duas séries (coeficiente > 0,2), como demonstrado no Gráfico 1.

Gráfico 1 - *Boxplot* do coeficiente de correlação de concordância de Lin obtido para as ondas registradas em 70 dB NPS nas três condições de estimulação (1º IC, 2º IC e bilateral) em cada sessão de avaliação. Os círculos representam os coeficientes obtidos para cada criança. Registros com coeficientes abaixo da linha pontilhada (coeficiente < 0,2) foram excluídos deste estudo e para registros acima desta linha (coeficiente > 0,2), calculou-se uma média entre as duas ondas registradas em 70 dB NPS para posterior análise de dados

Na Figura 1A é possível verificar que os PEACs se caracterizaram predominantemente por um pico positivo (P1ic) seguido de um pico negativo (Nic), com exceção dos PEACs na sessão de ativação evocados pela estimulação do 2º IC, em que houve a predominância de um pico negativo seguido por um positivo de grande amplitude por volta de 300 ms (Pic). Este pico tardio também foi registrado na primeira sessão ao estimular os dois ICs simultaneamente.

Na análise dos PEACs por picos, os valores máximos de amplitude de cada registro em 70 dB NPS foram extraídos das faixas de latência de 60 a 120 ms (P1ic) e 270 a 320 ms (Pic) e os valores mínimos da faixa de 140 a 230 ms (Nic) (Figura 1A).

Conforme observado na Figura 1B, a amplitude dos picos obtidos com a estimulação do 1º IC se manteve semelhante durante o primeiro ano de uso do IC bilateral (P1ic: $X^2(1)=0.55$, $p=0.45$; Nic: $X^2(1)=0.13$, $p=0.71$; Pic: $X^2(1)=0.41$, $p=0.52$), assim como o P1ic e Nic obtidos com a estimulação bilateral (P1ic: $X^2(1)=1.45$, $p=0.22$; Nic: $X^2(1)=0.01$, $p=0.89$) e o Nic referente à estimulação do 2º IC ($X^2(1)=2.30$, $p=0.12$). Um pico positivo de grande amplitude e tardio (Pic), obtido na ativação com o 2º IC e estimulação bilateral, apresentou diminuição significativa dos valores de amplitude com o tempo de uso do IC bilateral (2º IC: $X^2(1)=12.30$, $p=0.00$; IC Bilateral: $X^2(1)=14.57$, $p=0.00$). Por outro lado, para o 2º IC, os valores de amplitude na faixa de 60 a 120 ms aumentaram significativamente com o tempo de uso ($X^2(1)=12.33$, $p=0.00$).

Como consequência, as diferenças descritas acima resultaram na modificação significativa da área da diferença obtida nas combinações das respostas corticais ao longo do tempo de uso do IC bilateral, com exceção da combinação da estimulação bilateral e 1º IC na faixa de latência 50-200 ms (Figura 2A).

Na Figura 2B observa-se que na combinação do 1º IC com o 2º IC a assimetria diminuiu significativamente durante o primeiro ano de uso do IC bilateral, correspondendo à mudança da área da diferença de -275,07 μV -ms para a faixa de latência de 50-200 ms e +391,00 μV -ms para 200-400 ms, sendo que a maior mudança ocorreu nos primeiros três meses: -211,42 μV -ms para a primeira faixa de latência e 300,53 μV -ms para a segunda (50-200ms: $X^2(1)=6.84$, $p=0.00$; 200-400ms: $X^2(1)=6.91$, $p=0.00$). Dos três aos seis meses e dos seis aos 12 meses, a área modificou -31,82 μV -ms para a faixa de 50-200 ms e +45,23 para 200-400 ms.

Contudo, as assimetrias persistiram após um ano de uso do IC bilateral na faixa de latência 200-400 ms (50-200ms: $t=0,64$, $p=0,53$; 200-400ms: $t=-2,36$, $p=0,03$).

Figura 1 - (A) A média de amplitude está representada pela linha sólida azul para os registros obtidos em 70 dB NPS e em cinza para 0 dB NPS. As áreas sombreadas correspondem ao $1\pm$ erro padrão. As barras em azul indicam os segmentos em que a amplitude dos registros em 70 dB NPS foi significativamente diferente de 0 dB NPS para cada condição de estimulação e sessão de avaliação. Esses segmentos foram agrupados em três faixas de latência (retângulos verdes): 60 a 120ms; 140 a 230 ms; e 270 a 320 ms. Os valores máximos de amplitude foram extraídos de cada registro em 70 dB NPS na primeira e terceira faixa de latência e os valores mínimos, da segunda faixa. (B) Círculos conectados por linhas em cinza representam cada criança e a linha preta ilustra o modelo da regressão log-linear com efeitos mistos de acordo com a significância, linha sólida para $p < 0,05$ e linha pontilhada para $p > 0,05$.

Figura 2 – Áreas da diferença de amplitude dos registros entre as diferentes condições de estimulação. (A) Áreas em cinza representam as diferenças entre as médias dos registros obtidos entre o 1° IC e 2° IC (1ª linha), bilateral com o 2° IC (2ª linha) e bilateral com o 1° IC (3ª linha) nas faixas de latência de 50 a 200ms e de 200 a 400 ms, indicadas pelas linhas verticais pontilhadas, para cada sessão de avaliação durante o uso do IC bilateral. (B) Círculos conectados por linhas em cinza representam cada criança e a linha preta ilustra o modelo da regressão log-linear com efeitos mistos de acordo com a significância, linha sólida para $p < 0,05$ e linha pontilhada para $p > 0,05$.

Semelhantes resultados foram obtidos para a combinação da estimulação bilateral com o 2º IC. A assimetria diminuiu de forma significativa com o tempo de uso do IC bilateral (50-200ms: $X^2(1)=8,36$, $p=0,00$; 200-400ms: $X^2(1)=5,29$, $p=0,02$), correspondendo à mudança na área da diferença de -216,40 $\mu V\cdot ms$ na faixa de 50-200 ms e +184,94 $\mu V\cdot ms$ para 200-400 ms nos primeiros três meses de uso do IC bilateral. A assimetria entre as respostas continuou a diminuir nos demais meses, mas de forma mais tênue, com mudança da área de -32,57 $\mu V\cdot ms$ para 50-200 ms e +27,83 $\mu V\cdot ms$ para 200-400 ms para os demais intervalos de tempo entre as sessões de avaliação. Apesar da significativa diminuição, aos 12 meses de uso, as respostas foram assimétricas na faixa de 200-400 ms (50-200ms: $t=0,57$, $p=0,57$; 200-400ms: $t=-2,27$, $p=0,03$).

Para a combinação da estimulação bilateral com o 1º IC constatou-se que a área da diferença se manteve semelhante durante o primeiro ano de uso do IC bilateral para a faixa de latência 50-200ms ($X^2(1) = 0,54$, $p=0,46$). Houve uma diminuição significativa para 200-400ms ($X^2(1)=7,24$, $p=0,00$), de -190,10 $\mu V\cdot ms$ nos primeiros meses e -28,61 $\mu V\cdot ms$ para os demais intervalos de tempo entre as sessões de avaliação. Com um ano de uso do IC bilateral, a área da diferença não foi significativa entre estimulação bilateral e 1º IC para as duas faixas de latência analisadas (50-200ms: $t=0,14$, $p=0,88$; 200-400ms: $t=-0,13$, $p=0,89$).

5.2 PERCEPÇÃO AUDITIVA DA FALA

A percepção auditiva da fala foi avaliada aos três, seis e 12 meses de uso do IC bilateral sequencial. O desempenho obtido ao longo do tempo para cada condição de estimulação está ilustrado na Figura 3A. Na Figura 3B encontra-se a diferença de desempenho entre as condições de estimulação ao longo do tempo de uso do IC, assim como, os resultados da análise de regressão log-linear.

Figura 3– (A) Média±1Erro padrão do desempenho obtido na percepção auditiva da fala para cada condição de estimulação aos três, seis e doze meses de uso do IC bilateral. (B) Diferença no desempenho de percepção auditiva da fala para as combinações 1º IC com 2º IC, bilateral com 2º IC e bilateral com 1º IC. Círculos conectados por linhas em cinza representam cada criança e a linha preta ilustra o modelo da regressão log-linear com efeitos mistos de acordo com a significância, linha sólida para $p < 0,05$ e linha pontilhada para $p > 0,05$

Constatou-se que aos três meses de uso dos ICs houve uma assimetria no desempenho obtido com o 1º IC comparado ao 2º IC, a qual diminuiu de forma significativa com o tempo de uso do IC bilateral para o teste de palavras e sentenças no silêncio, mas não para o teste de sentenças no ruído (Palavras: $X^2(1)=11,93$, $p=0,00$; Sentenças no silêncio: $X^2(1)=6,55$, $p=0,01$; Sentenças no ruído: $X^2(1)=0,95$, $p=0,33$). Contudo, após um ano de uso do IC bilateral, as assimetrias persistiram para todos os testes de percepção auditiva da fala (Palavras: $t=3,93$, $p=0,00$; Sentenças no silêncio: $t=3,59$, $p=0,00$; Sentenças no ruído: $t=3,18$, $p=0,00$).

Achado semelhante ocorreu para a comparação do desempenho entre a condição de estimulação bilateral e 2º IC (Palavras: $X^2(1)=7,25$, $p=0,00$; Sentenças no silêncio: $X^2(1)=6,93$, $p=0,00$; Sentenças no ruído: $X^2(1)=0$, $p=1$). A diferença de desempenho aos 12 meses de uso do IC bilateral se manteve assimétrica para todos os testes de percepção auditiva da fala (Palavras: $t=5,13$, $p=0,00$; Sentenças no silêncio: $t=3,44$, $p=0,00$; Sentenças no ruído: $t=2,92$, $p=0,00$).

Por outro lado, constatou-se que a diferença entre os desempenhos com a estimulação bilateral e 1º IC se manteve constante durante o primeiro ano de uso do IC bilateral (Palavras: $X^2(1)=1,20$, $p=0,27$; Sentenças no silêncio: $X^2(1)=0,52$, $p=0,47$; Sentenças no ruído: $X^2(1)=0,85$, $p=0,36$) e sem assimetrias significantes aos 12 meses (Palavras: $t=2,01$, $p=0,054$; Sentenças no silêncio: $t=0,36$, $p=0,71$; Sentenças no ruído: $t=0,69$, $p=0,49$).

5.3 RELAÇÃO COM DADOS DEMOGRÁFICOS

Na análise dos PEACs, as assimetrias significantes observadas aos 12 meses resultantes da área da diferença entre o 1º IC e 2º IC e entre a estimulação bilateral e 2º IC na faixa de 200-400 ms não apresentaram relação significativa com o intervalo entre os implantes e a idade em que o 1º IC e o 2º IC foram realizados ($p>0,05$).

As diferenças encontradas no desempenho da percepção auditiva da fala entre o 1º IC e 2º IC aos 12 meses de uso de IC bilateral apresentaram significativa correlação positiva com o intervalo entre os ICs para o teste de palavras ($p=0,03$) e sentenças no ruído ($p=0,00$), com uma forte tendência para o teste de sentenças no silêncio ($p=0,057$). Resultados semelhantes foram encontrados para a correlação com a idade no 2º IC (Palavras: $p=0,02$; Sentenças no silêncio: $p=0,06$; Sentenças

no ruído: $p=0,03$), achado esperado nesta casuística, uma vez que as crianças com maior intervalo entre os implantes receberam o 2º IC com maior idade. A diferença no desempenho não apresentou correlação significativa com a idade no 1º IC para os três testes utilizados ($p>0,05$).

As assimetrias encontradas na última avaliação entre o desempenho de percepção auditiva da fala com a estimulação bilateral e o 2º IC apresentaram correlação positiva significativa com o intervalo entre os ICs para o teste de palavras ($p=0,005$) e uma forte tendência para o teste de sentenças no silêncio ($p=0,06$) e no ruído ($p=0,07$). Para a correlação com a idade no 2º IC, o desempenho no teste de palavras foi significativo ($p=0,00$), no teste de sentenças no silêncio houve uma forte tendência ($p=0,08$) e para sentenças no ruído não foi significativo ($p=0,15$).

6 Discussão

6 DISCUSSÃO

Este estudo buscou verificar o desenvolvimento do sistema auditivo cortical e da percepção auditiva da fala em crianças com perda auditiva pré-lingual de grau severo ou profundo bilateral que foram primeiramente implantadas até os 3,69 anos (média=1,98 anos) e receberam o 2º IC após $5,31 \pm 2,60$ anos de uso do IC unilateral. Os resultados obtidos indicaram que o 2º IC interveio no processo de reorganização cortical que estava ocorrendo para a estimulação unilateral, mesmo após anos de privação sensorial da orelha contralateral ao 1º IC.

Os PEACs pesquisados em um único canal de registro demonstraram na análise objetiva boa reprodutibilidade entre as duas séries registradas em 70 dB NPS (Gráfico 1), o que reforçou a confiabilidade da existência da resposta auditiva cortical, baseado na característica temporal da morfologia das ondas.

Com a estimulação do 1º IC, os PEACs se caracterizaram pela predominância de um pico positivo de 60 a 120 ms seguido por uma larga negatividade de 140 a 230 ms, que se mantiveram semelhantes durante o primeiro ano de uso do IC bilateral (Figura 1). Na última avaliação, a idade cronológica das crianças avaliadas foi de $8,16 \pm 2,70$ anos e nenhuma criança apresentava tempo de uso do 1º IC superior a 12 anos. Ao considerar que o complexo P1-N1-P2 pode surgir em crianças com audição normal dos 9 aos 19 anos de idade (PONTON et al., 2002; GORDON et al., 2008), a resposta imatura obtida pode ser em decorrência processo maturacional do sistema auditivo cortical.

Ao estimular o 2º IC logo após a ativação, os PEACs apresentaram uma resposta atípica, a qual se caracterizou por uma negatividade, seguida de um pico positivo tardio (Pic). Com a estimulação auditiva, houve uma significativa mudança na morfologia dos PEACs que refletiu provavelmente, a reorganização do córtex auditivo frente a este novo padrão de estimulação. O componente Pic diminuiu drasticamente nos primeiros meses, enquanto que os valores de amplitude registrados na faixa de latência de 60 a 120 ms, foram tornando-se positivos, o que sucedeu a um pico positivo, semelhante ao observado com a estimulação do 1º IC. A rápida modificação nas respostas auditivas corticais após a ativação foi descrita previamente em crianças usuárias de IC unilateral (SHARMA et al., 2002; GORDON et al., 2008; ALVARENGA et al., 2013) e IC bilateral sequencial ou simultâneo (SHARMA et al., 2007; GORDON et al., 2011). Assim, a modificação da resposta

cortical atípica obtida logo após a ativação reflete um sistema auditivo que sofreu um período de privação sensorial, porém com potencial para se ajustar a nova condição de estimulação auditiva, devido à plasticidade neuronal presente mesmo em crianças com longo tempo de uso de IC unilateral.

A morfologia da resposta obtida na sessão de ativação para a estimulação bilateral apresentou componentes registrados na estimulação unilateral de cada IC. Contudo, nas sessões subsequentes, a morfologia foi semelhante àquela registrada com o 1º IC, conforme observado na Figura 1.

Com o tempo de uso do IC bilateral, os PEACs com o 2º IC aproximaram-se em morfologia e amplitude aos obtidos com o 1º IC e com a estimulação bilateral, o que reduziu a assimetria entre essas respostas, demonstrada pelo valor da área da diferença (Figura 2). Aos 12 meses de uso, não houve assimetria significativa entre esses potenciais na faixa de latência de 50-200 ms, correspondente ao componente P1ic. Este achado, de certa forma, é esperado uma vez que o componente P1ic é análogo ao componente P1 registrado em crianças sem perda auditiva, ou seja, reflete a atividade elétrica decorrente da ativação cortical e, consequentemente, o início do processamento auditivo central.

Contudo, na faixa de latência de 200-400 ms, a assimetria manteve-se aos 12 meses de uso, com exceção da combinação da resposta bilateral com o 1º IC, o que demonstrou que a resposta cortical obtida com a estimulação do 2º IC, apesar de um desenvolvimento expressivo, manteve-se com maior amplitude, sugerindo que as alterações corticais decorrentes do período de privação auditiva não foram totalmente revertidas com este implante. Estudos anteriores demonstraram que em crianças nas quais o IC sequencial foi realizado com mais de dois anos de intervalo de tempo entre os ICs, a resposta auditiva cortical se manteve atípica, mesmo após anos de uso do IC bilateral, o que está condizente com o intervalo encontrado na casuística estudada (SHARMA; DORMAN; KRAL, 2005; GORDON; WONG; PAPSIN, 2010; 2013).

Outro aspecto importante é que a similaridade entre os PEACs obtidos na estimulação bilateral com o 1º IC demonstraram que a resposta bilateral é dominada pela atividade cortical gerada pela estimulação do 1º IC.

Na avaliação da percepção auditiva da fala com o 2º IC, a maioria das crianças apresentou reconhecimento em conjunto aberto para palavras no silêncio com apenas três meses de uso do IC bilateral. A rápida aquisição das habilidades

auditivas com o 2º IC em relação ao que se observa após a ativação do IC unilateral ou bilateral simultâneo foi possivelmente decorrente da associação de fatores, como melhor desenvolvimento cognitivo, auditivo e de linguagem na idade em que o 2º IC foi realizado, mas principalmente decorrente da diferença na reorganização cortical diante da privação auditiva bilateral e com a estimulação auditiva propiciada pelo IC unilateral (BAUER et al., 2006; GORDON; WONG; PAPSIN, 2013). Apesar da significativa melhora no reconhecimento de palavras e sentenças no silêncio com o 2º IC, o desempenho observado manteve-se inferior ao 1º IC e ao IC bilateral aos doze meses de uso.

Existe um consenso entre os estudos da área de que o desempenho apresentado com o 2º IC melhora com o tempo de uso na população pediátrica. Contudo, a percepção auditiva da fala obtida com o 2º IC pode permanecer inferior à obtida com o 1º IC, principalmente em crianças com longo intervalo de tempo entre os ICs ou que receberam o 2º IC no fim da infância (PETERS et al., 2007; WOLFE et al., 2007; GORDON; PAPSIN, 2009; GALVIN; HUGHES; MOK, 2010; SPARREBOOM; SNIK; MYLANUS, 2011; REEDER et al., 2017; BIANCHIN et al., 2017), o que se assemelha às características da casuística acompanhada neste estudo.

Com 12 meses de uso do IC bilateral, 92,86% das crianças apresentaram reconhecimento de palavras em conjunto aberto, 68% reconheceram sentenças no silêncio e 36% reconheceram sentenças no ruído com apenas o 2º IC ligado, desempenhos observados também com a estimulação do 1º IC. Assim, é evidente que nessas crianças o 2º IC promoveu o benefício para a percepção auditiva da fala, mesmo após uma média de sete anos sem estimulação auditiva adequada nesta orelha, uma vez que com o uso do AASI, a maioria das crianças não detectavam sons de fala (Apêndice A).

Contudo, é importante ressaltar que duas crianças (7,14%) não conseguiram realizar os testes propostos, apresentando percepção auditiva da fala apenas em conjunto fechado. Este dado reforça a importância da orientação ao paciente e à família no momento da decisão pela realização do 2º IC, visto que apesar do benefício da bilateralidade, mesmo que assimétrica, ter sido alcançado na maioria dos indivíduos, existe um percentual que poderá apresentar um curso mais lento de desenvolvimento auditivo ou até mesmo, poderá não adquirir habilidades auditivas mais complexas para a percepção auditiva da fala.

Com um ano de uso do IC bilateral, o desempenho apresentado com a estimulação bilateral foi semelhante ao apresentado com o 1º IC para o teste de palavras, sentenças no silêncio e sentenças no ruído. Desta forma, o benefício da binauralidade não ficou evidenciado nessa casuística, o que discorda parcialmente com os resultados apresentados em estudos anteriores, nos quais o desempenho auditivo obtido com a estimulação bilateral foi semelhante ao obtido com o 1º IC para testes no silêncio, contudo foi superior para testes no ruído (WOLFE et al., 2008; ASP et al., 2015; REEDER et al., 2016; BIANCHIN et al., 2017). Entretanto, a posição do ruído durante o teste é uma variável que interfere no resultado obtido, uma vez que maior benefício binaural foi observado com o ruído posicionado próximo ao 1º IC, demonstrando a dominância que existe do 1º IC em crianças com IC bilateral sequencial (PETERS et al., 2008; GALVIN; HUDGES; MOK, 2009).

Com o intuito que compreender as persistentes assimetrias encontradas nos PEACs aos 12 meses de uso do IC bilateral, constatou-se que não houve relação com o intervalo entre os ICs ou as idades no 1º IC e 2º IC. Possivelmente, estes achados demonstraram a existência de um período crítico de neuroplasticidade para reverter a reorganização cortical oriunda do período de estimulação unilateral, uma vez que 85,71% da casuística deste estudo apresentou valores de intervalo entre os ICs superior a dois anos. Este achado corrobora aos descritos anteriormente (GORDON; WONG; PAPSIN, 2010; 2013) que apresentam o intervalo de 1,5 a 2 anos para resgatar o padrão de estimulação cortical que propicia a binauralidade.

Adicionalmente, a assimetria no desempenho na percepção auditiva da fala no silêncio observada aos 12 meses de uso entre o 1º IC e 2º IC, assim como, para a o teste de palavras na estimulação bilateral com 2º IC, apresentou correlação positiva significativa com o intervalo entre os ICs e a idade na cirurgia no 2º IC. Desta forma, quanto maior a idade no 2º IC e, conseqüentemente, o intervalo entre os ICs, maior a assimetria entre as respostas unilaterais e, portanto, um maior benefício irreal ocorre ao comparar os resultados da estimulação bilateral com a estimulação apenas do 2º IC, uma vez que o desempenho foi dominado pela resposta do 1º IC. Clinicamente, este achado deve ser considerado, uma vez que a diferença de desempenho significativa entre os ICs em crianças com longo intervalo de tempo de uso pode estar associada ao abandono do uso do 2º IC (MYHRUM et al., 2017).

Finalmente, a assimetria encontrada na resposta cortical e na percepção auditiva da fala entre os dois ICs, além da predominância da resposta do 1º IC na estimulação bilateral, indicaram uma preferência para o 1º IC, resultante da presença de *inputs* assimétricos em crianças com IC bilateral sequencial com longo intervalo de tempo entre os ICs (GORDON; HENKIN; KRAL, 2015).

7 Conclusões

7 CONCLUSÕES

O IC bilateral sequencial promoveu o desenvolvimento auditivo cortical e de percepção auditiva da fala. Contudo, assimetrias entre o 1º IC e o 2º IC mantiveram-se após um ano de uso do IC bilateral e a resposta auditiva frente à estimulação bilateral apresentou dominância do 1º IC.

Referências

REFERÊNCIAS

Alvarenga Kde F, Vicente LC, Lopes RC, Ventura LM, Bevilacqua MC, Moret AL. Development of P1 cortical auditory evoked potential in children presented with sensorineural hearing loss following cochlear implantation: a longitudinal study. *Codas*. 2013;25(6):521-6.

Asp F, Mäki-Torkko E, Karltorp E, Harder H, Hergils L, Eskilsson G, et al. Bilateral versus unilateral cochlear implants in children: speech recognition, sound localization, and parental reports. *Int J Audiol*. 2012 Nov;51(11):817-32.

Asp F, Mäki-Torkko E, Karltorp E, Harder H, Hergils L, Eskilsson G, et al. A longitudinal study of the bilateral benefit in children with bilateral cochlear implants. *Int J Audiol*. 2015 Feb;54(2):77-88.

Banhara MR. Potenciais auditivos de longa latência: N1, P2, N2, e P300, evocados por estímulo de fala em usuários de implante coclear [Dissertação]. São Paulo: Universidade de São Paulo; 2007.

Bauer PW, Sharma A, Martin K, Dorman M. Central auditory development in children with bilateral cochlear implants. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg*. 2006 Oct;132(10):1133-6.

Bianchin G, Tribi L, Formigoni P, Russo C, Polizzi V. Sequential pediatric bilateral cochlear implantation: The effect of time interval between implants. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol*. 2017 Nov;102:10-14.

Brasil. Governo. Estatuto da Criança e do Adolescente - versão atualizada. Lei Federal. Portaria nº 8.069, de 13 de julho de 1990. [acesso em 2018 jan 18]. Disponível em: http://www.chegadetrabalho infantil.org.br/wp-content/uploads/2017/06/LivroECA_2017_v05_INTERNET.pdf

Brasil. Ministério da Saúde. Gabinete do Ministro. Portaria nº 2.776, de 18 de dezembro de 2014. Aprova diretrizes gerais, amplia e incorpora procedimentos para a atenção especializada às pessoas com deficiência auditiva no Sistema Único de Saúde (SUS). *Diário Oficial da União – Seção 1* (2014 dez 19); nº246: 183-84.

Brasil. Ministério da Saúde. Gabinete do Ministro. Portaria nº 2.157, de 23 de dezembro de 2015. Altera os art. 8º e 24 da Portaria nº 2.776/GM/MS, de 18 de dezembro de 2014, que aprova diretrizes gerais, amplia e incorpora procedimentos para a Atenção Especializada às Pessoas com Deficiência Auditiva no Sistema

Único de Saúde (SUS). Diário Oficial da União – Seção 1 (2015 dez 14); nº246: 117-84.

Chadha NK, Papsin BC, Jiwani S, Gordon KA. Speech detection in noise and spatial unmasking in children with simultaneous versus sequential bilateral cochlear implants. *Otol Neurotol*. 2011 Sep;32(7):1057-64.

Davis PA. Effects of acoustic stimuli on the waking human brain. *Neurophysiology*. 1939; 2: 494-9 apud Martin BA, Tremblay KL, Stapells DR. Principles and applications of cortical auditory evoked potentials. In: _____. Auditory evoked potentials: basic principles and clinical application. Pennsylvania: Lippincott Williams & Wilkins; 2007. p. 482-507

Delgado EMC, Bevilacqua MC. Lista de palavras como procedimento de avaliação da percepção dos sons da fala para crianças deficientes auditivas. *Pró –fono*. Mar 1999;11(1):59-64.

Eggermont JJ, Ponton CW, Don M, Waring MD, Kwong B. Maturational delays in cortical evoked potentials in cochlear implant users. *Acta Oto-Laryngologica*. 1997; 117(2): 161-163.

Friedmann DR, Green J, Fang Y, Ensor K, Roland JT, Waltzman SB. Sequential bilateral cochlear implantation in the adolescent population. *Laryngoscope*. 2015 Aug;125(8):1952-8.

Galvin KL, Hughes KC, Mok M. Can adolescents and young adults with prelingual hearing loss benefit from a second, sequential cochlear implant? *International Journal of Audiology*. 2010; 49(5):368-377.

Galvin KL, Mok M, Dowell RC, Briggs RJ. 12-month post-operative results for older children using sequential bilateral implants. *Ear Hear*. 2007 Apr;28(2 Suppl):19S-21S.

Gordon KA, Jiwani S, Papsin BC. Benefits and detriments of unilateral cochlear implant use on bilateral auditory development in children who are deaf. *Front Psychol*. 2013 Oct 16;4:719.

Gordon KA, Jiwani S, Papsin BC. What is the optimal timing for bilateral cochlear implantation in children? *Cochlear Implants Int*. 2011 Aug;12 Suppl 2:S8-14.

Gordon K, Henkin Y, Kral A. Asymmetric hearing during development: the aural preference syndrome and treatment options. *Pediatrics*. 2015 Jul;136(1):141-153.

Gordon KA, Papsin BC. Benefits of short interimplant delays in children receiving bilateral cochlear implants. *Otol Neurotol*. 2009 Apr;30(3):319-31

Gordon KA, Tanaka S, Wong DD, Papsin BC. Characterizing responses from auditory cortex in young people with several years of cochlear implant experience. *Clin Neurophysiol*. 2008 Oct;119(10):2347-62.

Gordon KA, Tanaka S, Wong DD, Stockley T, Ramsden JD, Brown T, et al. Multiple effects of childhood deafness on cortical activity in children receiving bilateral cochlear implants simultaneously. *Clin Neurophysiol*. 2011 Apr;122(4):823-33.

Gordon KA, Valero J, Papsin BC. Auditory brainstem activity in children with 9-30 months of bilateral cochlear implant use. *Hear Res*. 2007 Nov;233(1-2):97-107.

Gordon KA, Wong DD, Papsin BC. Bilateral input protects the cortex from unilaterally-driven reorganization in children who are deaf. *Brain*. 2013 May;136(Pt 5):1609-25.

Gordon KA, Wong DD, Papsin BC. Cortical function in children receiving bilateral cochlear implants simultaneously or after a period of interimplant delay. *Otol Neurotol*. 2010 Oct;31(8):1293-9.

Grieco-Calub TM, Litovsky RY. Sound localization skills in children who use bilateral cochlear implants and in children with normal acoustic hearing. *Ear Hear*. 2010 Oct;31(5):645-56.

Illg A, Giourgas A, Kral A, Büchner A, Lesinski-Schiedat A, Lenarz T. Speech comprehension in children and adolescents after sequential bilateral cochlear implantation with long interimplant interval. *Otol Neurotol*. 2013 Jun;34(4):682-9.

Key APF, Porter HL, Brandham T. Auditory processing following sequential bilateral cochlear implantation: a pediatric case study using event-related potentials. *J Am Acad Audiol*. 2010;21:225-238.

Killan CF, Killan EC, Raine CH. Changes in children's speech discrimination and spatial release from masking between 2 and 4 years after sequential cochlear implantation. *Cochlear Implants Int*. 2015 Sep;16(5):270-6.

Kim JS, Kim LS, Jeong SW. Functional benefits of sequential bilateral cochlear implantation in children with long inter-stage interval between two implants. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol*. 2013 Feb;77(2):162-9.

Kocdor P, Iseli CE, Teagle HF, Woodard J, Park L, Zdanski CJ, et al. The effect of interdevice interval on speech perception performance among bilateral, pediatric cochlear implant recipients. *Laryngoscope*. 2016 Oct;126(10):2389-94.

Lin LI. A concordance correlation coefficient to evaluate reproducibility. *Biometrics*. 1989 Mar;45(1):255-68.

Lovett RE, Kitterick PT, Hewitt CE, Summerfield AQ. Bilateral or unilateral cochlear implantation for deaf children: an observational study. *Arch Dis Child*. 2010 Feb;95(2):107-12.

Myhrum M, Strøm-Roum H, Heldahl MG, Rødvik AK, Eksveen B, Landsvik B, et al. Sequential Bilateral Cochlear Implantation in Children: Outcome of the Second Implant and Long-Term Use. *Ear Hear*. 2017 May/Jun;38(3):301-313.

Oliveira ST. Avaliação da percepção de fala utilizando sentenças do dia a dia [dissertação]. São Paulo (SP): Pontifícia Universidade Católica; 2014.

Peters BR, Litovsky R, Parkinson A, Lake J. Importance of age and postimplantation experience on speech perception measures in children with sequential bilateral cochlear implants. *Otol Neurotol*. 2007 Aug;28(5):649-57.

Ponton C, Eggermont JJ, Khosla D, Kwong B, Don M. Maturation of human central auditory system activity: separating auditory evoked potentials by dipole source modeling. *Clin Neurophysiol*. 2002 Mar;113(3):407-20.

Ponton CW, Eggermont JJ. Of kittens and kids: altered cortical maturation following profound deafness and cochlear implant use. *Audiol Neurotol*. 2001; 6:363–380.

R Core Team. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2017. URL <https://www.R-project.org/>.

Ramos-Macías Á, Borkoski-Barreiro S, Falcón-González JC, Plasencia DP. Results in cochlear implanted children before 5 years of age. a long term follow up. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol*. 2014 Dec;78(12):2183-9.

Reeder RM, Firszt JB, Cadieux JH, Strube MJ. A Longitudinal Study in Children With Sequential Bilateral Cochlear Implants: Time Course for the Second Implanted Ear and Bilateral Performance. *J Speech Lang Hear Res*. 2017 Jan 1;60(1):276-287.

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*. 2005 May;203(1-2):134-43.

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

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. *Audio Med*. 2007;5:218-223.

Sharma A, Tobey E, Dorman M, Bharadwaj S, Martin K, Gilley P, et al. Central auditory maturation and babbling development in infants with cochlear implants. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg*. 2004 May;130(5):511-6.

Sparreboom M, Beynon AJ, Snik AF, Mylanus EA. Auditory cortical maturation in children with sequential bilateral cochlear implants. *Otol Neurotol*. 2014 Jan;35(1):35-42.

Sparreboom M, Beynon AJ, Snik AF, Mylanus EA. The effect of device use after sequential bilateral cochlear implantation in children: An electrophysiological approach. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol*. 2016 Jul;86:161-6.

Sparreboom M, Snik AF, Mylanus EA. Sequential bilateral cochlear implantation in children: development of the primary auditory abilities of bilateral stimulation. *Audiol Neurotol*. 2011;16(4):203-13.

Ventura LMP; Alvarenga KF, Costa Filho OA. Protocolo para captação dos potenciais evocados auditivos de longa latência. *Braz. j. otorhinolaryngol*. 2009;75(6):879-883.

Vincent C, Bébéar JP, Radafy E, Vaneecloo FM, Ruzza I, Lautissier S, et al. Bilateral cochlear implantation in children: localization and hearing in noise benefits. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol*. 2012 Jun;76(6):858-64.

Vischer M, Senn P, Kompis M, Häusler R, Caversaccio M. Predictive factors for the performance of the second cochlear implant in sequentially bilateral implanted children, adolescent and adults. *Cochlear Implants Int*. 2011 May;12 Suppl 1:S127-9.

Wolfe J, Baker S, Caraway T, Kasulis H, Mears A, Smith J, et al. 1-year postactivation results for sequentially implanted bilateral cochlear implant users. *Otol Neurotol*. 2007 Aug;28(5):589-96.

Wunderlich JL, Cone-Wesson BK. Maturation of CAEP in infants and children: a review. *Hear Res*. 2006 Feb;212(1-2):212-23.

Apêndices

APÊNDICE A – Melhor desempenho na percepção auditiva da fala apenas com o aparelho de amplificação sonora individual obtido antes da cirurgia para o 2º IC.

(continua)

Criança	Melhor desempenho com AASI	Teste utilizado
C1	Não detecta sons do Ling	GASP – Prova 1
C2	Não detecta sons do Ling	GASP – Prova 1
C3	Não detecta sons do Ling	GASP – Prova 1
C4	Não detecta sons do Ling	GASP – Prova 1
C5	Discriminação de vogais	GASP – Prova 3
C6	Não detecta sons do Ling	GASP – Prova 1
C7	Discriminação de vogais	GASP – Prova 3
C8	Não detecta sons do Ling	GASP – Prova 1
C9	Não detecta sons do Ling	GASP – Prova 1
C10	Não detecta sons do Ling	GASP – Prova 1
C11	Reconhecimento	GASP – Prova 5
C12	Não detecta sons do Ling	GASP – Prova 1
C13	Não detecta sons do Ling	GASP – Prova 1
C14	Não detecta sons do Ling	GASP – Prova 1
C15	Reconhecimento no silêncio	Sentenças do dia a dia – sem ruído
C16	Não utilizava o AASI	
C17	Não detecta sons do Ling	GASP – Prova 1
C18	Não detecta sons do Ling	GASP – Prova 1
C19	Não detecta sons do Ling	GASP – Prova 1
C20	Detecção de sons do Ling	GASP – Prova 1
C21	Reconhecimento no silêncio	Lista de palavras
C22	Discriminação de extensão vocálica	GASP – Prova 4
C23	Não detecta sons do Ling	GASP – Prova 1
C24	Detecção de sons do Ling	GASP – Prova 1
C25	Detecção de sons do Ling	GASP – Prova 1
C26	Não detecta sons do Ling	GASP – Prova 1

APÊNDICE A – Melhor desempenho na percepção auditiva da fala apenas com o aparelho de amplificação sonora individual obtido antes da cirurgia para o 2º IC.

(conclusão)

Criança	Melhor desempenho com AASI	Teste utilizado
C27	Não detecta sons do Ling	GASP – Prova 1
C28	Detecção de sons do Ling	GASP – Prova 1

GASP=*Glendonald Auditory Screening Procedure*; AASI=Aparelho de Amplificação Sonora Individual

APÊNDICE B – Registros que exemplificam diferentes coeficientes de correlação de concordância de Lin obtidos na comparação de reprodutibilidade das duas séries dos potenciais evocados auditivos corticais registradas na intensidade de 70 dB NPS.

APÊNDICE C – Resultados obtidos para cada criança na análise dos potenciais evocados auditivos corticais de acordo com a área da diferença (A) e definição de picos (B) durante o primeiro ano de uso do implante coclear bilateral sequencial, demonstrando que a relação linear entre variáveis dependentes e independente não ocorreu para todos os dados.