Tatiana Mendes de Melo

**Percepção da fala em crianças usuárias de implante
coclear com duas estratégias de processamento do
sinal do sistema HiResolution**

Tese apresentada à Faculdade de Medicina
da Universidade de São Paulo para obtenção
do título de Doutor em Ciências

Programa de Fisiopatologia Experimental
Orientadora: Dra Maria Cecília Bevilacqua

São Paulo

2012

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

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

©reprodução autorizada pelo autor

Melo, Tatiana Mendes de

Percepção da fala em crianças usuárias de implante coclear com duas
estratégias de processamento do sinal do sistema HiResolution / Tatiana Mendes
de Melo. -- São Paulo, 2012.

Tese(doutorado)--Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo.
Programa de Fisiopatologia Experimental.

Orientadora: Maria Cecília Bevilacqua.

Descritores: 1.Perda auditiva 2.Implante coclear 3.Percepção da fala
4.Avaliação de resultados

USP/FM/DBD-269/12

AGRADECIMENTOS ESPECIAIS

Aos meus pais, **Celso e Inez**, que me deram todas as condições para que eu sempre seguisse meus estudos e minha trajetória profissional.

Ao **Guilherme**, meu esposo, quem me incentivou a completar mais esta etapa. Agradeço pela ajuda, pela compreensão, pelo companheirismo e seu amor prestado a mim sempre.

AGRADECIMENTOS

À **Dra. Maria Cecília Bevilacqua**, um agradecimento muito especial pela disponibilidade, pelos conselhos e ensinamentos ao longo do meu caminho acadêmico e profissional.

À **Dra. Kátia de Freitas Alvarenga**, pelos ensinamentos durante os anos de graduação e pós-graduação e pelo exemplo de profissionalismo. Sempre serei muito grata pelo convite da prática profissionalizante em avaliação audiológica infantil, pois este foi o primeiro passo para a minha chegada até aqui.

Às **Dras. Adriane Lima Mortari Moret, Maria Angelina Nardi de Souza Martinez e Dr. Orozimbo Alves Costa** por participarem da Banca de Qualificação desta Tese, proporcionando discussões e sugestões que serviram para crescimento, aprendizado e incentivo à pesquisa.

Às **amigas Ana Cláudia Martinho, Liège Tanamati, Natália Barreto Frederigue Lopes e Gisele Diniz** pela amizade construída ao longo destes anos no Núcleo do Ouvido Biônico do Hospital Samaritano. Todos os momentos de trabalho conjunto, de desabafo e apoio sempre presentes foram essenciais na concretização deste trabalho.

Às fonoaudiólogas do Centro de Pesquisas Audiológicas **Leandra e Luzia**, pelas sugestões e trocas de experiência durante a coleta de dados e, em especial, à

fonoaudióloga **Bete Honda** pelo auxílio com o HINT e pelas palavras de incentivo em todo processo

Aos demais funcionários do Centro de Pesquisas Audiológicas, em especial, **Edilene e Dimas**, pelo auxílio no levantamento dos prontuários e no agendamento dos pacientes da pesquisa.

Aos meus colegas de trabalho da Advanced Bionics **Roberto e Werlon** e, em especial, **Ana Luisa**, por todo o incentivo e apoio.

Aos **docentes e alunos do Curso de Fonoaudiologia** da Universidade de Guarulhos, pela compreensão nos momentos de ausência e pelo incentivo ao longo deste trabalho.

Aos meus **amigos**, por entenderem minha ausência, e demonstrar o verdadeiro sentido do que é amizade.

Aos **pacientes** que participaram desta pesquisa, pois sem eles nenhuma dessas páginas estaria completa. Agradeço também seus pais, pela disponibilidade em comparecer aos atendimentos.

E a todos aqueles que de uma maneira direta ou indireta, me auxiliaram neste trabalho, o meu muito obrigada!

SUMÁRIO

Lista de Abreviaturas e Siglas

Listas de Figuras

Lista de Tabelas

Lista de Gráficos e Quadros

Resumo

Abstract

1	INTRODUÇÃO	1
2	REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1	Implante Coclear e Estratégias de processamento do sinal	5
2.2	Resultados de percepção da fala após a conversão da estratégia de processamento de sinal CIS/SAS/MPS para HiRes em adultos	22
2.3	Resultados de percepção da fala após a conversão da estratégia de processamento de sinal CIS/SAS/MPS para HiRes em crianças	25
2.4	Percepção de pitch e canais virtuais	26
2.5	Resultados de percepção da fala após a conversão da estratégia de processamento de sinal HiRes para HiRes 120	28
3	OBJETIVO	38
4	MÉTODOS	40
4.1	Local do estudo	41
4.2	Casuística	42
4.2.1	Crterios de Inclusão	43
4.2.2	Crterios de Exclusão	43
4.3	Instrumentos e Procedimentos	45
4.3.1	Pesquisa dos limiares audiométricos	47
4.3.2	Teste HINT	48
4.3.3	Questionário PEACH	53
4.4	Forma de análise dos dados	54
5	RESULTADOS	55
5.1	Pesquisa dos limiares audiométricos em campo livre	56
5.2	Avaliação da percepção da fala - Teste HINT	58
5.3	Avaliação dos benefícios proporcionados pelo uso do IC – questionário PEACH	61
6	DISCUSSÃO	63
7	CONCLUSÃO	73
8	ANEXOS	75
9	REFERÊNCIAS	105

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

IC	Implante coclear multicanal
AASI	Aparelho de amplificação sonora individual
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
F0	Frequência fundamental
F2	Segundo formante
Hz	Herzt
F1	Primeiro formante
CA	<i>Compressed-analog</i>
CIS	<i>Continuous interleaved strategy</i>
MPEAK	<i>Multipeak</i>
SPEAK	<i>Spectral Peak</i>
SAS	<i>Simultaneous analog stimulation</i>
ACE	<i>Advanced Combination Encoder</i>
MPS	<i>Multiple pulsatile sampler</i>
HiRes	<i>HiResolution</i>
HiRes 120	<i>HiResolution 120</i>
HD CIS	<i>High Definition CIS</i>
FSP	<i>Fine Structure Processing</i>
CSSS	Sequências específicas de estimulação
FS4	<i>Fine Structure 4</i>
FDA	<i>Food and Drug Administration</i>
dB	Decibel
HINT	<i>Hearing in Noise Test</i>
MAIS	<i>Meaningful Auditory Integration Scale</i>
SVAPEPE-CEP	Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos
HRAC - USP	Hospital de Reabilitação de Anomalias Craniofacial
CPA	Centro de Pesquisas Audiológicas
SUS	Sistema Único de Saúde
PEACH	<i>Parents' Evaluation of Aural/oral Performance of Children</i>
NPS	Nível de pressão sonora
LRS	Limiar de reconhecimento de sentenças

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Representação gráfica das estratégias CIS, SAS e MPS, respectivamente.	13
Figura 2. Representação do direcionamento de corrente elétrica: no exemplo A, 10 unidades clínicas (uc) estão direcionadas, de forma igualitária, entre dois eletrodos e estimulam determinadas fibras neurais; no exemplo B, 10 uc estão sendo entregues na proporção 7/3 e, conseqüentemente, conseguem estimular diferentes fibras neurais que não foram estimuladas no exemplo A.	19
Figura 3. Evolução tecnológica dos dispositivos da <i>Advanced Bionics</i>	21
Figura 4. Esquema representativo das etapas do protocolo de avaliação ..	46
Figura 5. Esquema representativo da realização do teste HINT – condição silêncio.....	49
Figura 6. Esquema representativo da realização do teste HINT – condição ruído frente	50
Figura 7. Esquema representativo da realização do teste HINT – condição ruído lado: A) IC na orelha direita; B) IC na orelha esquerda	51

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.	Média, desvio padrão, mediana, valores mínimo e máximo (anos) referentes aos dados demográficos dos 11 participantes.....	45
Tabela 2.	Análise estatística dos limiares audiométricos em campo livre, nos diferentes momentos de avaliação do presente estudo	57
Tabela 3.	Comparações <i>Post-hoc</i> para análise da estatística inferencial na frequência de 4000 Hz.....	58
Tabela 4.	Análise estatística do resultado apresentado pelos participantes no teste HINT – condição silêncio, nos diferentes momentos de avaliação do estudo.....	58
Tabela 5.	Análise estatística do resultado apresentado pelos participantes no teste HINT – condição ruído frente, nos diferentes momentos de avaliação do estudo.....	59
Tabela 6.	Análise estatística do resultado apresentado pelos participantes no teste HINT – condição ruído lado, nos diferentes momentos de avaliação do estudo.....	59
Tabela 7.	Análise estatística da pontuação total do questionário PEACH, nos diferentes momentos de avaliação do estudo.....	61
Tabela 8.	Análise estatística do escore da escala silêncio do questionário PEACH, nos diferentes momentos de avaliação do estudo	62
Tabela 9.	Análise estatística do escore da escala ruído do questionário PEACH, nos diferentes momentos de avaliação do estudo.....	62
Tabela 10.	Comparações <i>Post-hoc</i> para análise da estatística inferencial da pontuação total e da pontuação da escala ruído do questionário PEACH.....	62

LISTA DE GRÁFICOS E QUADROS

Gráfico 1.	Resultados individuais no teste HINT – ruído frente.....	60
Gráfico 2.	Resultados individuais no teste HINT – ruído lado	60
Quadro 1.	Detalhamento das diferentes estratégias de processamento de sinal desenvolvidas até o ano de 2012	7
Quadro 2.	Disponibilidade das estratégias de processamento de sinal, de acordo com a marca do dispositivo.....	12
Quadro 3.	Critérios de indicação e contraindicação cirúrgica para o IC em crianças, adotados pelo CPA-HRAC/USP	42

RESUMO

Melo TM. *Percepção da fala em crianças usuárias de implante coclear com duas estratégias de processamento do sinal do sistema HiResolution* [tese]. São Paulo: Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo; 2012. 110p.

A melhora na percepção da fala dos usuários de implante coclear (IC) ao longo do tempo está relacionada, entre outros fatores, ao avanço tecnológico das estratégias de processamento do sinal. Deste modo, o objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho de percepção da fala em crianças usuárias de IC, utilizando duas diferentes estratégias de processamento do sinal do sistema *HiResolution* da *Advanced Bionics*. Para tanto, participaram deste estudo 11 crianças com deficiência auditiva pré-lingual, usuárias do componente interno HiRes 90K e processador de fala modelo *platinum*, e que apresentavam habilidade auditiva de reconhecimento em conjunto aberto. Foi realizada a avaliação intra-sujeito em três momentos, de acordo com a estratégia de fala utilizada. O desempenho da linha de base foi avaliado com a estratégia *HiResolution* 120 (HiRes 120) e posteriormente, foi realizada a conversão da estratégia para a *HiResolution* (HiRes). Após três meses de uso da estratégia HiRes, os participantes foram avaliados e realizada a conversão da estratégia para a HiRes 120. Após três meses de uso da HiRes 120, os participantes foram reavaliados. Em todas as avaliações, os participantes foram submetidos à pesquisa dos limiares audiométricos em campo livre, avaliação da percepção da fala por meio do teste *Hearing in Noise* (HINT), no silêncio e na presença de ruído competitivo e, avaliação dos benefícios proporcionados pelo uso do IC em situações cotidianas, por meio do questionário *Parents' Evaluation of Aural/oral Performance of Children* (PEACH). Os resultados demonstraram que não houve diferença dos limiares audiométricos em campo livre, do desempenho auditivo no silêncio e do benefício do IC em situações de vida diária, em função da estratégia de processamento de sinal utilizada. Houve tendência de melhor desempenho auditivo na situação de ruído com o uso da estratégia de processamento de sinal HiRes 120, embora, tal resultado não tenha sido estatisticamente significativo. Essa tendência indica que a representação espectral do sinal acústico de forma mais detalhada proporcionada pela HiRes 120 pode auxiliar no desempenho auditivo de crianças usuárias de IC em situações de ruído, contudo, essa característica da estratégia de processamento de sinal não influenciou o desempenho auditivo nas situações de silêncio. Reforça-se a importância da observação clínica e avaliação de percepção de fala com ruído na seleção da estratégia de processamento de sinal, a fim de otimizar o desempenho auditivo dos usuários de IC.

Descritores: 1.Perda auditiva 2.Implante coclear 3.Percepção da fala 4.Avaliação de resultados

ABSTRACT

Melo TM. *Speech perception in children with cochlear implants with two sound processing strategy of the HiResolution system* [thesis]. São Paulo: "Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo"; 2012. 110p.

Improvements in speech perception with cochlear implant (CI) over the years is related, among others factors, to the technological advance of the sound processing strategy. The purpose of the present study was to investigate speech perception performance in CI children, with two different Advanced Bionics sound processing strategy. Subjects were 11 prelingually deafened children implanted with the HiRes 90K cochlear implant and used a body-worn platinum sound processor. All subjects showed evidence of open-set speech recognition. A within-subjects design was used to compare performance with standard HiRes and HiRes 120. Baseline performance was assessed with *HiResolution* 120 (HiRes 120). Subjects then were fitted with *HiResolution* (HiRes) and returned for re-evaluation after three months of use. After three months of HiRes experience, subjects were refitted with HiRes 120 and returned three months later for reassessment. During test sessions, subject's performance was evaluated by warble-tone sound-field thresholds, the Brazilian Hearing in Noise test (HINT) in quiet and in noise and Parents' Evaluation of Aural/oral Performance of Children questionnaire (PEACH). The detection thresholds, the speech perception in quiet and the CI benefit in daily life were similar for both sound processing strategy. There was a trend toward better hearing performance in noise with HiRes 120, although this result was not statistically significant. This trend indicates that more precise spectral representation of the acoustic signal provided by the HiRes 120 can result in an improvement in the speech perception in noise by CI children. However, this characteristic did not influence the auditory performance in quiet. It reinforces the importance of clinical observation and speech perception in noise assessment in the sound processing strategy selection, in order to optimize the auditory performance of CI users.

Descriptors: 1.Hearing loss 2.Cochlear implant 3.Speech perception
4.Evaluation of results

1 INTRODUÇÃO

O implante coclear multicanal (IC) representa o mais importante avanço no tratamento de pessoas com deficiência auditiva de grau severo e/ou profundo bilateral, que não apresentam aproveitamento com o aparelho de amplificação sonora individual (AASI). Desde o desenvolvimento da primeira geração dos IC, o avanço tecnológico na área vem sendo direcionado pelas necessidades do paciente, bem como pelo desejo de atingir a superioridade tecnológica desse dispositivo, a fim de proporcionar ao usuário de IC a percepção auditiva mais próxima à audição normal.

É possível observar uma melhora na percepção da fala do usuário de IC ao longo do desenvolvimento das diversas gerações de IC e essa evolução está intimamente relacionada, não somente à ampliação dos critérios de indicação do dispositivo, como também ao seu aprimoramento tecnológico, em relação ao feixe de eletrodos, à tecnologia do microfone, às estratégias de processamento de sinal e aos algoritmos de pré-processamento (Lenarz et al., 2011).

Nesse contexto, os resultados de percepção da fala com o IC intimamente estão relacionados com fatores como a idade na cirurgia, o tempo de privação sensorial, o tempo de uso do dispositivo, a etiologia da deficiência auditiva e a otimização dos parâmetros de programação.

Um dos parâmetros importantes, estabelecidos no momento da programação do dispositivo, é a estratégia de processamento de sinal, que

define como o IC irá transformar a informação acústica em estímulo elétrico para ser transmitido ao nervo auditivo. O objetivo é proporcionar uma representação elétrica de alta fidelidade da informação acústica captada pelo microfone do processador de fala, a fim de tornar possível o reconhecimento de fala para o usuário do IC, principalmente em situações difíceis de escuta, como na presença de ruído competitivo.

No Brasil, as marcas de IC: *Advanced Bionics*, *Cochlear Corporation*, *Med-El* e *Neurelec* são aprovadas pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) e podem ser comercializadas. As diferentes empresas de IC orientam os fonoaudiólogos da equipe de IC sobre a estratégia de processamento de sinal recomendada para cada modelo do dispositivo. Contudo, é extremamente importante o olhar clínico para a avaliação dos resultados pós-IC, nas diferentes estratégias de processamento de sinal, uma vez que às vezes a estratégia preconizada pela empresa não beneficia todos os usuários de IC.

Considerando a problemática exposta, torna-se necessário verificar qual estratégia de fala da *Advanced Bionics* pode otimizar a percepção da fala das crianças implantadas, no Brasil, com esse dispositivo.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Implante Coclear e Estratégias de processamento do sinal

Na década de 60, muito se discutiu se a estimulação elétrica direta das fibras do nervo auditivo seria possível em um futuro próximo. Algumas considerações levantadas na época relacionavam-se à funcionalidade da orelha interna, isto é, considerando a complexidade da fisiologia do sistema auditivo, um pequeno número de eletrodos não seria capaz de reproduzir a codificação do estímulo sonoro e, desta forma, a compreensão da fala seria inviável por meio da estimulação elétrica apresentada ao sistema auditivo (Clark, 2003).

A primeira geração de IC foi a dos sistemas monocanais. Esse dispositivo estimulava o nervo auditivo por meio de uma onda elétrica análoga ao sinal acústico, modulada em amplitude, que era entregue a um único eletrodo intracoclear. Os usuários desse tipo de IC eram capazes de reconhecer sons ambientais, porém, não era possível a discriminação e o reconhecimento de palavras e frases sem o auxílio da leitura orofacial (Rubinstein, 2004).

Em função da limitação dos resultados apresentados pelos usuários de IC monocanal, as pesquisas com os IC multicanais foram intensificadas para tornar possível a utilização desses dispositivos como forma de tratamento na deficiência auditiva neurosensorial bilateral de grau severo

e/ou profundo de crianças e adultos. Nos IC multicanais, um feixe de eletrodos é inserido na cóclea, para que diferentes fibras do nervo auditivo sejam estimuladas em diversos locais, a fim de explorar o tonotopismo coclear. Diferentes eletrodos podem ser estimulados, dependendo das características espectrais do sinal acústico, ou seja, os eletrodos basais atuam na percepção das frequências agudas e os eletrodos apicais, nos sinais graves.

Em 1984, a empresa *Cochlear Corporation* lançou o primeiro IC multicanal – o Nucleus 22. A partir do desenvolvimento dos implantes cocleares multicanais, diferentes modelos acústicos foram desenvolvidos para codificar o sinal de fala. Tais modelos são chamados de estratégias de processamento do sinal, cujo principal objetivo é reproduzir, de forma mais fidedigna, o sinal acústico em estimulação elétrica.

No quadro 1 são expostas, detalhadamente, as características das estratégias de processamento de sinal, desenvolvidas até o ano de 2011, das marcas de dispositivos mais utilizadas nos centros de IC, que são a *Cochlear Corporation*, desenvolvida na Austrália, a *Med-El*, desenvolvida na Áustria e a *Advanced Bionics*, desenvolvida nos Estados Unidos.

Quadro 1. Detalhamento das diferentes estratégias de processamento de sinal desenvolvidas até o ano de 2012

Estratégia de processamento de sinal	Detalhamento
F0/F2	A frequência fundamental (F0) e o segundo formante (F2) são extraídos do sinal de fala. Nessa estratégia de processamento de sinal, F0 determina a velocidade de estimulação e F2, o local de estimulação do eletrodo, entre as frequências de 1000 e 4000 Hertz (Hz).
F0/F1/F2	É uma modificação da estratégia F0/F2 e inclui informação espectral do primeiro formante (F1). Essa estratégia extrai e codifica o F1 e o F2 do sinal acústico e suas amplitudes. As frequências de F1 e F2 determinam quais eletrodos serão estimulados (F1 – eletrodo mais apical, que, estimula frequências abaixo de 1000 Hz e F2 - eletrodo mais basal, que estimula frequências acima de 1000 Hz) e a amplitude de cada formante, que determina o quanto de estimulação elétrica é entregue para cada eletrodo. A F0 determina a velocidade de estimulação.
Compressed-analog (CA)	<p>Nessa estratégia, o sinal acústico, convertido de forma análoga em estimulação elétrica, é entregue a quatro eletrodos simultaneamente. O sinal é inicialmente comprimido por meio de controle automático do ganho e filtrado, em quatro bandas de frequência, em que suas frequências centrais estão entre 500, 1000, 2000 e 4000 Hz e são entregues simultaneamente a quatro eletrodos.</p> <p>Em função da estimulação simultânea dos eletrodos, tal estratégia pode proporcionar a interação de canais, ou seja, a soma de campos elétricos de cada eletrodo estimulado pode distorcer a informação elétrica transmitida ao seu usuário.</p>

Continua...

Estratégia de processamento de sinal	Detalhamento
Continuous Interleaved Sampling (CIS)	<p>Foi desenvolvida com o intuito de reduzir a interação de canais, com o uso da estimulação não simultânea dos eletrodos. Pulsos bifásicos são entregues aos eletrodos, por meio de estimulação não simultânea, a partir da extração do envelope do sinal acústico (informação temporal).</p> <p>Inicialmente, o sinal de entrada passa por um banco de filtros e o envelope da onda sonora é extraído em cada filtro. O estímulo de saída é comprimido e entregue para o eletrodo correspondente, em pulsos bifásicos modulados.</p>
Multipeak (MPEAK)	<p>É uma modificação da estratégia F0/F1/F2, que extrai e utiliza informações de alta frequência do sinal de entrada para estimulação dos eletrodos. Nessa estratégia, um filtro passa banda de 800 – 4000 Hz é utilizado para determinar F2 e mais três filtros passa-banda adicionais (2000 - 2800 Hz, 2800 - 4000 Hz, 4000 - 6000 Hz) são utilizados para extrair informação de alta frequência.</p>
Spectral Peak (SPEAK)	<p>O sinal acústico de entrada é enviado para um banco de 20 filtros, com centros de frequência de 250 a 10.000Hz. A energia do sinal de entrada é analisada e selecionam-se 6 a 10 bandas com maior energia, chamadas de máximas espectrais. O sistema então ativa os eletrodos correspondentes sequencialmente, com pulsos bifásicos, na direção basal para apical, a uma velocidade de 180 a 300 pulsos/segundo por canal.</p>

Continua...

Estratégia de processamento de sinal	Detalhamento
Simultaneous Analog Stimulation (SAS)	<p>É uma modificação da estratégia CA, que preserva os sinais acústicos da fala em forma de onda analógica e estimula os eletrodos simultaneamente no modo bipolar. Na estratégia SAS, o estímulo elétrico, análogo ao sinal acústico de entrada, é apresentado a sete canais, de forma simultânea, com altas taxas de estimulação, a fim de preservar os detalhes temporais do sinal de entrada.</p> <p>Porém, esse tipo de estimulação dos eletrodos pode gerar interação de canais. Na SAS, o modo de estimulação bipolar é utilizado para minimizar o efeito desse fenômeno, uma vez que este padrão possibilita a estimulação seletiva de fibras neurais e minimiza a possibilidade da interação elétrica.</p>
Advanced Combination Encoder (ACE)	<p>É uma otimização da estratégia SPEAK, que enfatiza as pistas espectrais e temporais do sinal acústico. Essa estratégia seleciona 6, 8, 12 ou 20 máximas do espectro do sinal e estimula os canais correspondentes, a uma velocidade que pode variar de 250 a 2400 pulsos/segundo por canal. Desse modo, a ACE é similar à SPEAK, mas incorpora altas taxas de estimulação.</p> <p>A estratégia é atualmente considerada padrão para uso nos dispositivos da <i>Cochlear Corporation</i>.</p>
Multiple Pulsatile Sampler (MPS)	<p>Na MPS, a conversão do sinal acústico em sinal elétrico é semelhante à estratégia CIS, mas dois canais são estimulados simultaneamente, dobrando a velocidade de estimulação para 1666 pulsos/segundo por canal. Porém, a estimulação simultânea dos eletrodos pode gerar uma grande excitação da população neural, fenômeno conhecido como interação de canais, que, por sua vez, deteriora a percepção da informação espectral do sinal. Para evitar os efeitos deletérios da estimulação simultânea dos eletrodos, a estratégia MPS estimula contatos mais distantes (exemplo: 1-5, 2-6, 3-7 e 4-8).</p>

Continua...

Estratégia de processamento de sinal	Detalhamento
HiResolution (HiRes)	A HiRes trabalha com 16 canais ativos, com estimulação sequencial ou pareada, no modo monopolar, com um mínimo de 10.8 microssegundo de largura de pulso e taxa de estimulação de até 5.156 pulsos/segundo por canal. As altas taxas de estimulação, associadas à extração das pistas temporais de estrutura fina, proporcionada por esta estratégia, resultam na transmissão do sinal acústico para o usuário de IC em alta resolução.
HiResolution 120 (HiRes 120)	No processamento de sinal da HiRes 120, o sinal de entrada é analisado em uma gama espectral de 120 bandas, para que, posteriormente, a energia seja retransmitida aos eletrodos, variando a proporção do nível de corrente de forma simultânea a dois eletrodos adjacentes. Isto permite que os usuários dessa estratégia de sinal aproveitem melhor sua audição residual em relação à capacidade de discriminação auditiva, recebendo informações espectrais com maior resolução, comparada à estratégia HiRes. O aumento da informação espectral, em combinação com a resolução temporal fina, já implementada na estratégia HiRes, proporcionam melhores resultados na percepção da fala no ruído e na apreciação musical. Essa estratégia é atualmente considerada padrão para uso nos dispositivos da <i>Advanced Bionics</i> .
CIS +	A CIS+ é uma variação da CIS, disponibilizada nos dispositivos da MED-EL Corporation, que opera de forma similar à CIS, porém, é utilizada a transformada de Hilbert para a extração do envelope da onda, ao invés do uso do banco de filtros, o que permite a determinação do envelope da onda sonora de forma mais acurada, permitindo melhor percepção da fala para seu usuário, em comparação aos resultados apresentados pela estratégia CIS.

Continua...

Estratégia de processamento de sinal	Detalhamento
High Definition CIS (HD CIS)	Na HD CIS são utilizados os recursos disponibilizados na CIS+, embora essa estratégia proporcione a estimulação sequencial de dois eletrodos adjacentes e seja utilizada para focar a estimulação de fibras neurais adicionais, proporcionando melhor resolução espectral.
Fine Structure Processing (FSP)	<p>A FSP é uma estratégia idêntica à HD CIS, exceto pelos canais de baixa frequência (canais 1 a 4), os quais são configurados para codificar tanto o envelope quanto a estrutura fina da onda sonora. Para esses canais apicais, a taxa alta de estimulação fixada é substituída por sequências específicas de estimulação (CSSS), que são uma série de pulsos elétricos especiais, que carregam a informação da estrutura fina, ou seja, o padrão da estrutura fina do sinal de entrada é transmitido para as fibras neurais com o mesmo padrão temporal e para os canais responsáveis pelas frequências abaixo de 1000 Hz.</p> <p>O número dos chamados canais CSSS e, por consequência, o intervalo de frequência com codificação da estrutura fina dependem das configurações de parâmetros do paciente.</p>
Fine Structure 4 (FS4)	<p>Na FS4, o processamento do som é bastante semelhante à FSP, contudo os canais CSSS trabalham de maneira constante, independente das configurações dos parâmetros do paciente, isto é, são quatro canais apicais (1 a 4), estimulados na velocidade de 6000 pulsos/segundo por canal.</p> <p>Essa estratégia é atualmente considerada padrão para uso nos dispositivos da <i>MED-EL Corporation</i>.</p>

As marcas e modelos de IC diferem entre si em diferentes aspectos, como nas estratégias de processamento de sinal, mas nem todas as estratégias de processamento de sinal existentes estão disponíveis em todas as marcas de IC. No quadro 2 é possível visualizar as diferentes estratégias de processamento de sinal, disponíveis em cada sistema de IC.

Quadro 2. Disponibilidade das estratégias de processamento de sinal, de acordo com a marca do dispositivo

Marca do dispositivo	Estratégias de processamento de sinal
Advanced Bionics	CA SAS CIS MPS HiRes HiRes 120
Cochlear Corporation	F0/F2 F0/F1/F2 MPEAK CIS SPEAK ACE
MED-EL	CIS CIS + HDCIS FSP FS4

Abaixo será descrito detalhadamente o funcionamento das estratégias de processamento de sinal, nos dispositivos da *Advanced Bionics*, em função de sua relevância para o presente estudo.

O primeiro IC com o dispositivo dessa marca ocorreu em março de 1991, para fins de pesquisa: o Clarion 1.0, que foi aprovado para distribuição comercial, nos Estados Unidos, pela *Food and Drug Administration* (FDA), em março de 1996, para adultos e, em junho de 1997, para crianças, com o dispositivo chamado Clarion 1.2. Esses dispositivos disponibilizavam três diferentes estratégias de processamento de sinal: a CIS, a SAS e a MPS, conforme mostra a figura 1.

Fonte: Buechner A, Frohne-Buchner C, Gaertner L, Stoeve T, Battmer RD, Lenarz T. The Advanced Bionics high resolution mode: stimulation rates up to 5000 pps. *Acta Otolaryngol.* 2010; 130(1):114-23.

Figura 1. Representação gráfica das estratégias CIS, SAS e MPS, respectivamente.

A Figura 1a representa graficamente a estratégia CIS, que converte os sinais acústicos de fala em pulsos digitais, estimulando oito canais, de forma sequencial, do ápice para a base da cóclea, com largura de pulso de 75 microsegundos, proporcionando a velocidade de estimulação de 813 pulsos/segundo por canal e utilizando o modo de estimulação monopolar.

Nessa estratégia, o sinal é decomposto em oito bandas de frequência e a energia extraída de cada banda é determinada e modulada em amplitude de pulso, para ser transmitida a um eletrodo específico. A vantagem da CIS é que a informação temporal do sinal acústico é representada de forma mais real, pelo uso de pulsos rápidos e a alta taxa de estimulação por canal preserva as variações de amplitude do sinal. Foi a estratégia mais utilizada nos dispositivos da *Advanced Bionics* até o ano de 2002.

Na estratégia SAS, o estímulo elétrico, análogo ao sinal acústico de entrada, é apresentado em sete canais, de forma simultânea, porém, esse tipo de estimulação dos eletrodos pode causar interação de canais. Na SAS, o modo de estimulação bipolar é utilizado para minimizar o efeito desse fenômeno, uma vez que o padrão possibilita a estimulação seletiva de fibras neurais e minimiza a possibilidade da interação elétrica (Figura 1b).

Por sua vez, na MPS, a conversão do sinal acústico em sinal elétrico é semelhante à estratégia CIS, mas dois canais são estimulados simultaneamente, dobrando a velocidade de estimulação para 1666 pulsos/segundo por canal. Entretanto, a estimulação simultânea dos eletrodos pode gerar uma grande excitação da população neural, fenômeno conhecido como interação de canais, que por sua vez, deteriora a percepção da informação espectral do sinal. Para evitar os efeitos deletérios da estimulação simultânea dos eletrodos, a estratégia MPS estimula contatos mais distantes (exemplos: 1-5, 2-6, 3-7 e 4-8). A representação gráfica dessa estratégia pode ser visualizada na figura 1c.

Além das diferenças de padrão de acoplamento da estratégia CIS e SAS (padrão monopolar X padrão bipolar), as duas estratégias também diferem na velocidade de estimulação dos eletrodos. A estratégia SAS atualiza a informação acústica, para cada canal, 16 vezes mais que a estratégia CIS, o que proporciona maior resolução temporal. Como há um aumento da possibilidade da interação de canais com a estimulação simultânea da estratégia SAS, também há uma compensação entre proporcionar maior resolução temporal, com grande possibilidade de interação de canais e menos informação temporal, com redução do risco da interação de canais.

Um grande passo para os dispositivos da *Advanced Bionics* foi representado pelo desenvolvimento do processamento de fala HiRes, que proporcionou mais informações espectrais que as estratégias de processamento de sinal descritas anteriormente. A HiRes trabalha com 16 canais ativos, com estimulação sequencial ou pareada, no modo monopolar, com um mínimo de 10.8 microssegundos de largura de pulso e taxa de estimulação de até 5.156 pulsos/segundo por canal. As altas taxas de estimulação, associadas à extração das pistas temporais de estrutura fina proporcionada por essa estratégia, resultam na transmissão do sinal acústico, para o usuário de IC, em alta resolução.

Além disso, nessa estratégia, a área dinâmica de entrada, que é a janela de entrada da informação acústica, é ampla (em torno de 90 decibels - dB), diferente das estratégias utilizadas anteriormente, que trabalham com uma área dinâmica de entrada estreita. Com a entrada

ampla, o usuário de IC pode receber os sons de entrada de maneira mais natural, pois não há a necessidade de uma compressão excessiva do sinal de entrada, como ocorre nas situações em que uma área dinâmica de entrada estreita é utilizada. Associada à ampla área dinâmica de entrada, a estratégia trabalha com um sistema de compressão dual, ou seja, há um controle de ação lento, que determina o ganho para situações de escuta cotidiana e um controle de ação rápido, que é automaticamente acionado em ambientes ruidosos.

É possível verificar que a estratégia HiRes apresenta importantes diferenças em relação às estratégias citadas anteriormente (CIS, SAS e MPS). Em primeiro lugar, a HiRes trabalha com um maior número de canais ativos (16 canais), o que propicia que o estímulo acústico seja analisado em mais bandas de frequência e que, a informação espectral seja transmitida de forma mais detalhada. Em segundo lugar, a velocidade de estimulação da estratégia, associada à extração das pistas temporais de estrutura fina, proporciona maior resolução do aspecto temporal do sinal acústico. E, por fim, a área dinâmica de entrada ampla e o sistema de compressão dual proporcionam maior fidelidade da informação transmitida, em termos de intensidade. Assim, os novos recursos oferecidos pela HiRes possibilitam que a informação elétrica represente o sinal de entrada de maneira mais precisa, nos três diferentes aspectos da fala (intensidade, aspectos espectrais e temporais).

De acordo com pesquisas realizadas por diversos centros de IC, em nível internacional, é notória a contribuição da estratégia HiRes para a

otimização da percepção da fala dos usuários do IC da *Advanced Bionics*. Entretanto, o desempenho auditivo do usuário está intimamente relacionado com o número de canais do IC e o ambiente acústico em que o mesmo está inserido. Para indivíduos adultos, a existência de pelo menos quatro eletrodos intracocleares ativos já proporciona, no mínimo, 50% de reconhecimento de fala no silêncio. Já quando os testes de percepção da fala tornam-se mais sensíveis ou os materiais apresentados são dispostos em ambiente de escuta difícil (como o ruído de fundo, por exemplo), mais informações espectrais são necessárias para atingir o mesmo patamar de desempenho e 30 ou mais canais ativos são necessários. Nas crianças, em que as habilidades auditivas ainda estão em desenvolvimento, mais informações espectrais são necessárias para obter resultados similares de reconhecimento de fala de usuários adultos, tanto no silêncio quanto no ruído (Shannon et al., 2004).

No entanto, a resolução espectral dos usuários de IC é restringida pelo número de eletrodos intracocleares, uma vez que cada um desses contatos irá induzir um campo de excitação neural. Em função da limitação do espaço físico da cóclea e do tamanho do feixe de eletrodos, é difícil aumentar o número de contatos físicos na cóclea.

Pesquisas têm estudado formas de aumentar a quantidade de canais utilizando o mesmo número de eletrodos, por meio de determinadas técnicas, como a estimulação não simultânea de dois eletrodos (McDermott e McKay, 1994), estimulação por acoplamento de dois eletrodos (Busby e

Plant, 2005) e estimulação simultânea de dois eletrodos (Townshend et al., 1987; Wilson et al., 1994).

Na estimulação não simultânea, o aumento das informações espectrais ocorre pela estimulação de dois eletrodos adjacentes, de maneira sequencial, em um curto espaço de tempo. Para que haja a percepção de *pitches* adicionais, isto é, percepção de diferentes tons, é necessário um maior nível de corrente elétrica, o que inviabiliza o uso dessa técnica, pois a maior amplitude de corrente elétrica pode atingir o limite de complância do IC.

Outro mecanismo sugerido para criar bandas espectrais adicionais é a técnica de estimulação por acoplamento de dois eletrodos, que consiste na criação de um curto circuito entre dois eletrodos adjacentes. Nessa técnica, um único *pitch* adicional é gerado e a qualidade do som transmitido ao usuário do IC pode não ser adequada, já que a flutuação da impedância dos eletrodos, gerada por esse curto circuito, não pode ser controlada.

Por fim, na última técnica proposta, há a estimulação simultânea de dois eletrodos adjacentes, variando a proporção de corrente elétrica, que é fornecida nos dois contatos físicos e resulta em um campo elétrico, dirigido às fibras neurais existentes entre os eletrodos adjacentes, conforme apresentado na figura 2. Para gerar o direcionamento de corrente é necessário que o dispositivo interno apresente fontes independentes de entrega da corrente elétrica, como são os componentes internos CII e HiRes 90K da *Advanced Bionics*.

Essa técnica, que otimiza o detalhamento espectral sem adição de eletrodos adicionais na cóclea, também é conhecida como canais espectrais virtuais.

Fonte: *Advanced Bionics Bulletin*, 2007.

Figura 2. Representação do direcionamento de corrente elétrica: no exemplo A, 10 unidades clínicas (uc) estão direcionadas, de forma igualitária, entre dois eletrodos e estimulam determinadas fibras neurais; no exemplo B, 10 uc estão sendo entregues na proporção 7/3 e, conseqüentemente, conseguem estimular diferentes fibras neurais que não foram estimuladas no exemplo A.

A aplicação clínica dos canais espectrais virtuais resultou em uma nova estratégia de processamento de sinal da *Advanced Bionics*, a HiRes 120, lançada em 2006. O objetivo dessa estratégia é fornecer a representação espectral do sinal acústico de forma mais detalhada, juntamente com os demais recursos proporcionados pela estratégia HiRes.

Na estratégia HiRes, o som de entrada é filtrado em 16 bandas espectrais e a energia de cada banda é extraída e repassada, com altas taxas de estimulação, a um único eletrodo correspondente. No processamento de sinal da HiRes 120, o sinal de entrada é analisado em uma gama espectral de 120 bandas, para que, posteriormente, a energia seja retransmitida aos eletrodos, variando a proporção do nível de corrente, de forma simultânea, a dois eletrodos adjacentes. Isto permite que os usuários dessa estratégia de sinal aproveitem melhor sua audição residual, em relação à capacidade de discriminação auditiva, recebendo informações espectrais com maior resolução, se comparada à estratégia HiRes. O aumento da informação espectral, em combinação com a resolução temporal fina, já implementada na estratégia HiRes, proporciona melhores resultados de percepção da fala no ruído e na apreciação musical.

É possível observar, na figura 3, a evolução dos dispositivos internos e os processadores de fala da *Advanced Bionics*, bem como a evolução das estratégias de processamento de sinal desse dispositivo.

Figura 3. Evolução tecnológica dos dispositivos da *Advanced Bionics*

2.2 Resultados de percepção da fala após a conversão da estratégia de processamento de sinal CIS/SAS/MPS para HiRes em adultos

O estudo multicêntrico, liderado por Koch et al. (2004), comparou a percepção da fala de 51 adultos, com deficiência auditiva pós-lingual, com o uso das estratégias convencionais (CIS, SAS ou MPS) e com a HiRes. Para tanto, os participantes utilizaram a estratégia de processamento de sinal convencional por três meses e, posteriormente, o dispositivo dos mesmos foram programados com a estratégia de fala HiRes. A percepção da fala dos participantes foi avaliada nesses dois momentos, por meio de uma bateria de testes, tais como: lista de monossílabos, lista de sentenças do dia a dia e o teste *Hearing in Noise* - HINT (no silêncio e no ruído, utilizando relação sinal/ruído +10 decibel - dB) e por meio de um questionário, em que os mesmos deveriam indicar a estratégia de fala de sua preferência. Os resultados evidenciaram diferença estatisticamente significativa de percepção da fala com a estratégia HiRes, em todos os testes de percepção da fala aplicados. O questionário também evidenciou que 90% dos participantes do estudo preferiram a estratégia de fala HiRes. Os autores ainda enfatizam que essa melhora no desempenho está associada tanto ao aumento do número de eletrodos (de oito para 16), como ao aumento na velocidade de estimulação (de 818 pulsos/segundo por canal na CIS para 5.156 pulsos/segundo por canal na HiRes).

Filipo et al. (2004) avaliaram as diferenças individuais de percepção da fala como resultado da conversão da estratégia convencional (CIS ou SAS) para HiRes. Para tanto, foram avaliados 14 adultos pós-linguais, utilizando diferentes testes de percepção da fala (palavras dissílabas e sentenças no silêncio e no ruído – relação sinal/ruído de +20, +15, +10 e 5 dB), 3 meses após a programação do processador de fala, com a estratégia HiRes. Houve melhora de desempenho para todos os testes utilizados após a mudança da estratégia convencional para a HiRes. A média de melhora foi de 25.2% para palavras dissílabas e 10.8% para sentenças, ambas na condição de silêncio. No ruído, a média de melhora foi de 44.8% para palavras dissílabas e 45.4% para sentenças. Os pesquisadores concluem que, mesmo com um número reduzido de participantes do estudo, ficou evidente que o uso da estratégia HiRes proporciona melhor acesso às informações acústicas do sinal de fala.

Em 2006, Buechner et al. avaliaram o impacto das altas taxas de estimulação, na percepção da fala de 45 adultos com deficiência auditiva pré ou pós-lingual, usuários de IC. Os participantes utilizaram estratégia de processamento de sinal convencional, SAS, CIS ou MPS, por no mínimo 3 meses e, posteriormente, o dispositivo dos mesmos foi programado com a estratégia HiRes. A percepção da fala dos participantes foi avaliada com o processamento convencional antes da mudança para a HiRes e, novamente, após 2 meses de uso dessa estratégia. A bateria de testes utilizada incluiu: lista de monossílabos e lista de sentenças do dia a dia (no silêncio e no ruído, utilizando relação sinal/ruído +10dB). Os resultados evidenciaram

melhora de 6% na percepção da fala de monossílabos, e de 17% e 16%, nas sentenças no silêncio e no ruído, respectivamente, com a HiRes. A maioria dos sujeitos avaliados (96%) escolheu a HiRes como estratégia de fala preferencial para ser utilizada em situações de vida diária.

Buechner et al. (2010) avaliaram a influência da velocidade de estimulação em relação ao desempenho auditivo. Para tanto, a percepção auditiva de 13 adultos com perda auditiva pós-lingual, com idade média de 44.2 anos, foi avaliada por meio da lista de palavras monossílabas de Freiburger, aplicadas no silêncio e também pela lista *Hochmair-Schulz-Moser sentences*, aplicadas no silêncio e no ruído, com relação sinal/ruído de +10dB. Os participantes utilizaram a estratégia CIS, MPS ou SAS por, no mínimo, 6 meses, com posterior conversão para a estratégia HiRes. A maioria dos participantes mostrou um aumento substancial na percepção da fala quando as estratégias de codificação foram alteradas para a estratégia HiRes, com desempenho estatisticamente significativo para a lista de sentenças aplicada no ruído. Os resultados de testes em silêncio evidenciaram o efeito de teto, ou seja, grande parte dos participantes avaliados apresentou escore de percepção da fala no silêncio próximo a 100% com as estratégias convencionais (CIS, MPS ou SAS) e, a mudança para a estratégia HiRes não resultou em mudanças significativas no escore de percepção da fala no silêncio. Desta forma, o estudo não pode fornecer maiores informações sobre o efeito da conversão da estratégia nesta situação.

2.3 Resultados de percepção da fala após a conversão da estratégia de processamento de sinal CIS/SAS/MPS para HiRes em crianças

Bosco et al. (2005) avaliaram o efeito da estratégia HiRes nas habilidades auditivas de crianças, após 12 meses de uso da estratégia. Participaram do estudo dois grupos distintos: grupo I, composto por 23 crianças, sendo 16 ativadas com a HiRes e sete ativadas com CIS ou SAS, com posterior conversão para HiRes e grupo II, com 17 crianças usuárias da estratégia SAS ou CIS. Para a percepção da fala foram utilizados testes que avaliaram as diferentes habilidades auditivas, de acordo com a hierarquia de Erber e o questionário *Meaningful Auditory Integration Scale* (MAIS). Os resultados apresentados apontaram que as habilidades de percepção da fala foram melhores no grupo de crianças ativadas com a estratégia HiRes, para todas as habilidades auditivas, bem como no escore do questionário MAIS. O estudo demonstrou também que as crianças usuárias da estratégia HiRes apresentam melhores resultados após 12 meses de uso, quando essa estratégia foi comparada à CIS ou SAS. Cabe ressaltar que ambos os grupos foram heterogêneos em relação à idade na cirurgia, tempo de privação sensorial e o uso de AASI contralateral, ou seja, tais características não influenciaram nos resultados apresentados.

2.4 Percepção de pitch e canais virtuais

Donaldson et al. (2005) avaliaram a discriminação de *pitches* para estimulação simultânea de eletrodos adjacentes em seis adultos, com deficiência auditiva pós-lingual, usuários do componente interno CII. Foi realizada a estimulação simultânea dos seguintes pares de eletrodos adjacentes: 2-3 (região apical), 7-8 (região medial) e 12-13 (região basal). Os resultados mostraram que a estimulação simultânea de dois eletrodos aumenta o número de sítios de estimulação disponíveis no feixe de eletrodos e, conseqüentemente, aumenta a percepção de *pitches* diferentes. No presente estudo, a discriminação de *pitches* distintos foi possível em 16, dos 17 pares de eletrodos avaliados em seis participantes.

Em 2007, Koch et al. investigaram o número de canais espectrais, ou *pitches* distintos, que podem ser percebidos em adultos usuários de CII e HiRes 90K. No experimento desse estudo multicêntrico, desenvolvido com adultos pós-linguais, os participantes compararam o *pitch* entre duas apresentações de estímulos. Foram selecionados três pares de eletrodos (2-3, 8-9, 13-14) e o sujeito deveria indicar, dentre os dois tons apresentados aleatoriamente, qual apresentava *pitch* de frequência mais aguda. Das 57 orelhas avaliadas, o número de canais espectrais, por par, variou de um a 52 *pitches*. A média de *pitches* percebidos nos eletrodos basais foi 5.4, 8.7 para os eletrodos mediais e 7.2 para os eletrodos apicais. Em geral, os participantes puderam perceber 7.1 *pitches* por par de eletrodo. O estudo demonstrou que a maioria dos sujeitos foi capaz de perceber um número

grande de canais espectrais virtuais quando o mecanismo de direcionamento de corrente foi implementado.

Ainda em 2007, Firszt et al. estudaram a quantidade de *pitches* adicionais que podem ser percebidos utilizando o direcionamento de corrente em adultos usuários de IC, bem como se o número de *pitches* percebidos está relacionado com aspectos demográficos dos sujeitos ou desempenho de reconhecimento de fala. Para tanto, neste estudo multicêntrico, foram avaliados 106 adultos com deficiência auditiva pós-lingual, usuários de dispositivo interno CII ou HiRes 90K, com, no mínimo, três meses de experiência auditiva com o IC. A média de idade, no momento da cirurgia, foi de 54 anos e o tempo médio de privação sensorial, de 15 anos. O tempo médio de uso do IC foi de 1.6 anos.

Para os experimentos, foi realizada a pesquisa de *loudness* (percepção subjetiva de intensidade) e *pitch* em três pares de eletrodos (2 e 3, 8 e 9 e 13 e 14), em que os sujeitos deveriam indicar qual tom apresentado referia-se a um som mais agudo, dentre os diferentes tons apresentados aleatoriamente. De acordo com os resultados, o número de canais espectrais virtuais obtidos foram, em média, 3.8 para o par basal, 6.0 para o par medial e 5.3 para o par apical, dando que os sujeitos apresentaram maior dificuldade em discriminar os canais espectrais intermediários nos eletrodos basais. Supondo que o número de canais desses pares de três eletrodos representa o feixe de eletrodos inteiro, o número potencial total de canais espectrais foi calculado e variou entre 8 a 451, com uma média de 63. Em relação aos canais espectrais

intermediários e às características demográficas dos participantes, não foram encontradas diferenças estatisticamente significantes neste estudo, em relação ao número de canais espectrais intermediários, idade na cirurgia do IC, tempo de experiência auditiva com o IC e tempo de privação sensorial.

2.5 Resultados de percepção da fala após a conversão da estratégia de processamento de sinal HiRes para HiRes 120

Após a revisão da literatura nacional e internacional em bases de dados eletrônicas, foi possível concluir que os estudos que abordam o desempenho auditivo de usuários de IC, com a estratégia HiRes 120, foram publicados a partir de 2008, embora o lançamento dessa estratégia de processamento do sinal no mercado tenha se dado em 2006.

Apesar da representação mais precisa do aspecto espectral tornar-se possível com o mecanismo de direcionamento de corrente elétrica, presente na HiRes 120, ainda não é totalmente claro se essa informação espectral adicional, proporcionada pela estratégia, influencia na percepção auditiva dos usuários de IC. A implementação da HiRes 120 na população pediátrica é mais recente, em comparação com os estudos realizados na população adulta e leva a grandes expectativas.

Considerando a proposta do presente estudo, neste item serão apresentados estudos científicos que avaliaram o desempenho dos usuários

de IC nas tarefas de percepção da fala, com a estratégia HiRes 120, que demonstram evidências científicas e aceitável grau de recomendação.

Resultados na população adulta

Em 2008, Brendel et al. avaliaram a percepção da fala de 11 adultos com perda auditiva pós-lingual, ao longo de 4 meses após a mudança de estratégia de fala da HiRes para HiRes120. Os participantes do estudo tinham idade média de 58.1 anos, tempo médio de privação sensorial de 5.1 anos e tempo de uso do IC superior a 9 meses. Para a avaliação de percepção da fala foi utilizado o teste *Hochmair-Schulz-Moser sentences*, no silêncio e no ruído, na relação sinal/ruído de +10 dB, em quatro momentos distintos: *baseline* (estratégia HiRes), 1 mês após a mudança da estratégia de fala para HiRes 120, 3 meses após a mudança da estratégia de fala para HiRes 120 e 1 mês após mudar a estratégia de fala HiRes 120 para HiRes.

Na situação de silêncio ocorreu o efeito de teto em todos os momentos avaliados, enquanto que na situação de ruído houve melhora estatisticamente significativa no desempenho dos participantes com o uso da estratégia HiRes 120. De acordo com os resultados do estudo, é notável a importância de testes sensíveis, como os de percepção da fala no ruído, para apontar as diferenças de resultados entre as estratégias de processamento do sinal. Aparentemente, o processo de aclimatação da estratégia HiRes 120 levou mais de 1 mês, uma vez que o desempenho de percepção da fala no ruído foi melhor após 3 meses de uso da estratégia.

Nessa perspectiva, parece que é necessário mais tempo para que o sistema auditivo se reorganize a ponto de processar a maior informação espectral proporcionada por essa estratégia.

Firszt et al. (2009) compararam o desempenho de reconhecimento de fala com o uso da estratégia HiRes e da HiRes 120. O estudo contou com a participação de oito adultos com perda auditiva pós-lingual, idade média de 58 anos (48-80 anos), tempo médio de privação sensorial de 8 anos (três - 22 anos) e tempo médio de uso da estratégia HiRes de 2 anos. Todos os sujeitos avaliados apresentaram escore de 20% ou superior de reconhecimento de fala em conjunto aberto e apresentaram inserção total dos eletrodos, tendo sido utilizados, no mínimo, 14 eletrodos ativos. Na sessão de avaliação inicial foi realizada a audiometria em campo livre e testes de percepção da fala, utilizando a estratégia HiRes. Ao final dessa sessão, os processadores de fala dos sujeitos foram programados com a estratégia HiRes 120. Todos os participantes da pesquisa retornaram depois de 1 e 3 meses de uso da nova estratégia, para reavaliação. Após o terceiro mês, os pacientes foram reprogramados com a estratégia HiRes e a avaliação foi efetuada nesse mesmo dia. Para percepção da fala foram utilizados os seguintes instrumentos: lista de palavras monossílabas, teste HINT no silêncio e no ruído (relação sinal/ruído de +8 dB) e HINT adaptativo, administrados em cabine acústica, através de um alto-falante colocado em 0° azimuth e a um metro de distância do sujeito.

A média dos limiares obtidos em campo livre foi similar tanto com a estratégia HiRes, quanto com a HiRes 120 e ambas proporcionaram

audibilidade adequada em toda a faixa de frequência avaliada. Para a lista de monossílabos e teste HINT, na condição ruído, houve diferença estatisticamente significativa do desempenho com a estratégia HiRes 120. Na situação de silêncio, o desempenho de percepção da fala com as duas estratégias de fala avaliadas foi semelhante. Para o HINT adaptativo, o limiar de reconhecimento de fala no ruído foi menor com o uso da estratégia, mas sem diferença estatisticamente significativa.

Park et al. (2009) avaliaram o desempenho de usuários de IC, falantes do idioma coreano, com a estratégia de processamento de sinal HiRes 120. Para tanto, 11 adultos com deficiência auditiva pós-lingual, com idade entre 17-70 anos e usuários da estratégia HiRes entre 6 e 18 meses, foram avaliados em momentos distintos, a saber: avaliação pré- HiRes 120 (*baseline*, utilizando a estratégia HiRes) e avaliação pós HiRes 120 (1 mês e 3 meses após a programação com a nova estratégia de processamento de sinal). Após utilizar a HiRes 120 por 3 meses, o processador de fala foi novamente ajustado com a estratégia HiRes e os participantes retornaram para reavaliação em 2 semanas. A percepção da fala foi avaliada por meio de lista de monossílabos e dissílabos e com o teste HINT, nas situações de silêncio e de ruído (relação sinal/ruído de +8dB), ambos apresentados em campo livre a 60 dB. Os resultados apontaram que, independente do teste percepção da fala, utilizado tanto no silêncio e no ruído, o desempenho dos pacientes foi melhor utilizando a estratégia HiRes 120, em ambas as avaliações (1 e 3 meses após a programação da estratégia), comparado ao

desempenho dos participantes utilizando a estratégia *HiRes* (*baseline* e reavaliação).

Drennan et al. (2010) avaliaram o desempenho de 10 adultos com perda auditiva pós-lingual, com idade entre 25 e 78 anos e com no mínimo 12 meses de uso do IC, em tarefas psicoacústicas de discriminação espectral e temporal e em testes de reconhecimento de palavras em conjunto aberto, no silêncio e no ruído. Para a realização das tarefas, o processador de fala dos participantes foi programado com a estratégia *HiRes* ou *HiRes 120*, dependendo da estratégia de fala padrão utilizada na vida cotidiana. Na tarefa de discriminação espectral, os resultados obtidos foram melhores com a *HiRes 120*, enquanto que os resultados de resolução temporal foram melhores com a utilização da estratégia *HiRes*. Por sua vez, não foram observadas diferenças estatisticamente significantes de desempenho de percepção da fala no silêncio e no ruído, entre as estratégias avaliadas. Os pesquisadores ressaltam a importância da utilização de tarefas psicofísicas para avaliar o desempenho de diferentes estratégias de processamento de sinal do IC, já que são mais sensíveis do que os testes utilizados na prática clínica.

Em 2011, Donaldson et al. avaliaram o desempenho de reconhecimento de fala com a estratégia *HiRes* e *HiRes 120*. A casuística do estudo foi composta por 10 adultos com perda auditiva pós-lingual, idade média de 60.9 anos (19-84 anos), tempo médio de privação sensorial de 27.5 anos (7-41 anos) e tempo de uso de IC superior a 6 meses, usuários da estratégia *HiRes* ou *HiRes 120*.

Para o desenvolvimento desse estudo foram necessários cinco atendimentos (A0, A1, B1, A2, B2). A estratégia um (estratégia padrão do participante) foi avaliada nos momentos A1 e A2 e a estratégia dois (estratégia adotada para o estudo) foi avaliada nos momentos B1 e B2. O participante utilizou a nova estratégia, em um período de 2 meses, para a primeira reavaliação (B1) e por mais 3 meses para a segunda reavaliação (B2). A bateria de testes foi composta pelos seguintes procedimentos: obtenção dos limiares auditivos em campo livre, nas frequências de 500 a 4000 Hz, tarefa de reconhecimento de fonemas e reconhecimento de sentenças com o teste *Kowal Bamford*, no silêncio e no ruído, para determinar o limiar de reconhecimento de fala.

De acordo com os resultados obtidos, a média dos limiares obtidos em campo livre foi similar nas duas estratégias avaliadas, proporcionando audibilidade adequada em toda a faixa de frequência avaliada. Na tarefa de identificação de fonemas, os resultados indicaram que a estratégia utilizada não influenciou o desempenho dos participantes, porém, a média de acertos do reconhecimento de consoantes foi maior na estratégia HiRes. Nas tarefas de reconhecimento de sentenças no silêncio e no ruído não foram evidenciadas diferenças estatisticamente significantes de desempenho entre as estratégias HiRes e HiRes 120.

Os autores ressaltaram que é possível que participantes do estudo não tivessem a experiência necessária para aproveitar a maior informação espectral da situação de teste. O desempenho dos sujeitos com a estratégia HiRes 120 poderia ser otimizado por meio de treinamento auditivo, usando tarefas de fala

no ruído. Além disso, os autores ainda supõem que a idade tenha influenciado o benefício proporcionado pela HiRes 120, uma vez que os resultados do presente estudo apontam uma tendência dos indivíduos idosos (mais de 75 anos de idade) apresentarem menos benefício do que os participantes mais jovens (50 a 68 anos de idade), na tarefa de reconhecimento de fonemas.

Buchner et al. (2012) realizaram estudo multicêntrico, com o intuito de avaliar a percepção da fala de 65 adultos com deficiência auditiva pós-lingual, divididos em três grupos: Grupo I – 16 usuários de IC há pelo menos 9 meses e que utilizavam o processador de fala modelo *platinum* (média de idade na cirurgia – 51.5 anos; tempo médio de privação sensorial – 20.5 anos); Grupo II - 21 usuários de IC há pelo menos 9 meses e que utilizavam o processador de fala modelo *harmony* (média de idade na cirurgia – 49.0 anos; tempo médio de privação sensorial – 21.3 anos) e Grupo III – 28 novos usuários de IC, que usavam o processador modelo *harmony* desde a ativação dos eletrodos (média de idade na cirurgia – 49.1 anos; tempo médio de privação sensorial – 5.9 anos).

Em relação à estratégia de processamento de sinal, o estudo foi desenhado no modelo *crossover*, ou seja, metade dos participantes iniciou o estudo utilizando a estratégia de processamento de sinal HiRes e a outra metade iniciou com a HiRes 120. Cada estratégia foi utilizada pelo participante durante 3 meses e, após esse período, o processador de fala foi reprogramado com a outra estratégia oferecida no estudo e testada durante mais 3 meses. Ao final de cada período de três meses, a percepção da fala do usuário foi avaliada de forma objetiva e subjetiva.

Nos métodos objetivos, a percepção da fala foi avaliada por meio de testes de reconhecimento em conjunto aberto, na situação de ruído, isto é, o material de fala foi apresentado na intensidade de 65 dB e relação sinal/ruído de + 10 dB, por meio de caixas de som localizadas a um metro de distância do participante e a 0° azimuth. A avaliação subjetiva foi conduzida por meio de um questionário, desenvolvido para o estudo, em que o participante deveria julgar a qualidade sonora percebida em cada estratégia de processamento de sinal avaliada.

Não foi observada diferença estatisticamente significativa entre o desempenho auditivo nas diferentes estratégias de processamento de sinal avaliadas nos testes objetivos, porém, a partir dos resultados do questionário aplicado foi possível verificar a preferência dos participantes em utilizar a estratégia HiRes 120, na situação de vida diária.

Resultados na população pediátrica

Em 2009, Mancini et al. acompanharam o desenvolvimento da percepção da fala e a discriminação de fonemas, no silêncio e no ruído, de crianças após a implantação da HiRes 120, como estratégia de processamento do sinal. Para tanto, foram avaliadas 22 crianças com perda auditiva pré-lingual, sem comprometimentos associados, inseridas em programa terapêutico na abordagem aurioral e em escolas regulares. Os participantes foram divididos em três grupos: Grupo A (grupo HiRes) - 11 crianças com processador de fala programado com a estratégia HiRes,

desde o momento da ativação, com média de idade de 29.8 meses, no momento do IC e tempo de uso do IC de 54.3 meses (média de idade no momento da avaliação – 8 anos); Grupo B - seis crianças com pelo menos 1 ano de experiência auditiva com o HiRes e que foram reprogramadas com a HiRes 120. A média de idade, no momento do IC, foi de 30.8 meses e 24.6 meses de tempo de IC (média de idade no momento da avaliação – 5.8 anos) e grupo C - cinco crianças que foram ativadas com a HiRes 120. A média de idade, no momento do IC, foi de 36 meses e 9 meses de tempo de IC. A média de idade, no momento da avaliação, foi de 3.4 anos. As crianças foram avaliadas longitudinalmente, em quatro momentos: antes da implementação da HiRes 120 e depois de 3, 6 e 12 meses. Os testes de percepção da fala utilizados variaram de acordo com a idade cronológica da criança e incluíram: *Listening Progress Profile*, *Discrimination Bi-Trochee-Polysyllabic word test*, *Perceptive Ability Test*, reconhecimento de palavras dissílabas e compreensão de sentenças do *Common Protocol*, *Phonetically balanced bisyllabic words*, em conjuntos aberto e fechado. A avaliação da detecção, discriminação e reconhecimento de fonemas, no silêncio e no ruído, foi conduzida por meio do *Auditory Speech Sound Evaluation* (testes com ruído foram conduzidos na relação sinal/ruído de +10 dB).

Nas avaliações realizadas na condição silêncio, tanto o grupo A (programado com a HiRes) quanto o grupo B (reprogramação com a HiRes 120) apresentaram desempenho semelhante para reconhecimento e compreensão de fala no silêncio, mas a porcentagem de discriminação de fonemas foi maior no grupo B. Como as crianças do grupo C eram menores,

as mesmas apresentaram desempenho inferior ao dos outros dois grupos estudados. Na situação de ruído, o desempenho auditivo das crianças do grupo B foi estatisticamente superior ao das crianças do grupo A. Desse modo, os autores concluíram que o aumento das informações espectrais proporcionado pela estratégia de fala HiRes 120 contribuiu para a melhora no desempenho auditivo das crianças estudadas, de forma estatisticamente significativa, para o reconhecimento de fonemas no ruído. Devido ao curto período de privação auditiva e da maior plasticidade neural residual, as crianças apresentam, naturalmente, a vantagem de se beneficiarem de quaisquer informações adicionais proporcionadas pela estratégia de codificação de fala.

3 OBJETIVO

Avaliar o desempenho de percepção da fala em crianças usuárias de IC, utilizando duas diferentes estratégias de processamento do sinal do sistema *HiResolution* da *Advanced Bionics*.

3.1 Objetivos específicos

- Comparar os limiares auditivos em campo livre, com as estratégias de processamento de sinal HiRes e HiRes 120;
- Comparar o desempenho de percepção da fala no silêncio, com as estratégias de processamento de sinal HiRes e HiRes 120;
- Comparar o desempenho de percepção da fala no ruído, com as estratégias de processamento de sinal HiRes e HiRes 120;
- Comparar as habilidades auditivas, sob a perspectiva dos pais, com as estratégias de processamento de sinal HiRes e HiRes 120.

4 MÉTODOS

Este trabalho foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos (SVAPEPE-CEP), do Hospital de Reabilitação de Anomalias Craniofaciais da Universidade de São Paulo (HRAC-USP) - Campus Bauru/SP, com protocolo nº 68/2011 (Anexo A). O Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo tomou ciência da aprovação deste projeto (Anexo B).

Os pais ou responsáveis por cada criança foram informados e convidados a participar do estudo por meio de carta de informação ao sujeito da pesquisa e somente foram incluídos na casuística após assinarem o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (Anexo C).

4.1 Local do estudo

O presente estudo foi desenvolvido no Centro de Pesquisas Audiológicas (CPA) do HRAC-USP. O CPA, que até 2011 realizou cerca de 1000 cirurgias, entre crianças e adultos, é uma seção do HRAC-USP, subsidiado pela Universidade de São Paulo e pelo Sistema Único de Saúde (SUS) do Ministério da Saúde. Esse serviço de IC, que teve início em 1990 e foi o primeiro no Brasil, permitiu um grande e importante avanço científico no campo da Audiologia em todo o país e tornou-se conhecido em todo mundo, tendo se consolidado como um dos mais importantes na América Latina.

4.2 Casuística

Participaram do presente estudo usuários de IC unilateral, matriculados no Programa de Implante Coclear do CPA-HRAC/USP. Todas as crianças que realizaram a cirurgia de IC, neste serviço foram submetidas a um processo de avaliação interdisciplinar, norteador por critérios institucionais. Os critérios institucionais de indicação e contra-indicação cirúrgica, para o IC em crianças, adotados pelo CPA-HRAC/USP, seguem as recomendações internacionais, conforme apresentado abaixo:

Quadro 3. Critérios de indicação e contra-indicação cirúrgica para o IC em crianças, adotados pelo CPA-HRAC/USP

Critérios de indicação	Critérios de contra-indicação
<ul style="list-style-type: none"> - Idade igual ou superior a 12 meses; - Perda auditiva neurossensorial de grau severo a profundo e/ou profundo bilateral; - Limiares auditivos com AASI superiores a 60dB, nas frequências de 500, 1000 e 2000Hz, após habilitação auditiva intensa e efetiva; - Benefício limitado das habilidades auditivas com o uso do AASI; - Ausência de comprometimentos de natureza intelectual ou emocional; - Motivação da família para o uso do IC e para o desenvolvimento de atitudes de comunicação favoráveis à criança; - Expectativas familiares adequadas quanto aos resultados do IC; - Participação da criança em programa de habilitação e reabilitação auditiva, na cidade de origem. 	<ul style="list-style-type: none"> - Comprometimentos neurológicos graves, associados à deficiência auditiva; - Condições médicas ou psicológicas que contraindiquem a cirurgia; - Deficiência auditiva causada por agenesia de cóclea, de nervo ou lesões centrais; - Infecção ativa de orelha média; - Expectativas irreais quanto aos benefícios, resultados e limitações do IC por parte da família.

No que se refere à casuística do presente estudo, os participantes foram selecionados de acordo com os seguintes requisitos:

4.2.1 Critérios de Inclusão

A casuística foi composta por crianças com deficiência auditiva pré-lingual, implantadas unilateralmente com os dispositivos HiRes 90K, da *Advanced Bionics*, com idade entre cinco e 10 anos, de ambos os gêneros, que apresentavam habilidade auditiva de reconhecimento de palavras em conjunto aberto, de acordo com as categorias de audição propostas por Geers, em 1994 (Anexo D) e construção de frases de quatro ou mais elementos, conforme apresentado nas categorias de linguagem propostas por Bevilacqua et al., em 1996 (Anexo E).

4.2.2 Critérios de Exclusão

Foram excluídas da casuística as crianças que apresentavam pelo menos um dos seguintes itens: inserção parcial dos eletrodos, não uso do IC por um período maior que seis meses, hipótese diagnóstica de espectro da neuropatia auditiva e hipoplasia de nervo auditivo e múltiplas deficiências associadas à perda auditiva.

Contemplando tais características, a casuística totalizou 15 participantes. Contudo, quatro foram excluídos deste estudo devido a problemas com agendamento e retorno ao CPA/HRA-USP.

Deste modo, a casuística deste estudo foi composta por 11 participantes, todos usuários do componente interno HiRes 90K e processador de fala modelo *platinum*. O IC foi adaptado na orelha esquerda em oito participantes e na orelha direita, em três participantes. Em nenhum dos casos avaliados havia histórico de intercorrência no componente interno e todos apresentavam os eletrodos 16 intracocleares ativos.

Quanto ao aparecimento da deficiência auditiva, todos os participantes eram portadores de deficiência auditiva de origem congênita, fizeram uso de AASI antes da realização do IC e a cirurgia do IC foi realizada antes dos três anos de idade. No que se refere à etiologia, quatro participantes foram identificados com perda auditiva genética e os outros sete casos apresentavam etiologia de origem idiopática.

Todas as crianças que participaram deste trabalho eram usuárias frequentes de IC. Quanto ao uso do AASI na orelha contralateral ao IC, seis participantes faziam uso desse dispositivo e cinco não utilizavam o AASI contralateral. Todos estavam inseridos em programa terapêutico com abordagem aurioral, na cidade de origem e matriculados em escolas regulares.

Tais informações, bem como os dados demográficos e demais informações pertinentes ao estudo foram coletados a partir do prontuário do paciente. Os dados demográficos de cada participante encontram-se no Anexo F. Para facilitar a identificação dos participantes, os mesmos foram numerados de participante número 1 (S1) a participante número 11 (S11).

A Tabela 1 apresenta a distribuição da casuística, avaliada em relação à idade na ocasião do IC, ao tempo de privação sensorial auditiva, à idade do participante no início do presente estudo e ao tempo de uso do dispositivo (início do estudo).

Tabela 1. Média, desvio padrão, mediana, valores mínimo e máximo (anos) referentes aos dados demográficos dos 11 participantes

	Média	DP	Mínimo	Mediana	Máximo
Idade no IC	1.80	0.80	0	1.75	2.0
Tempo de privação sensorial	1.88	0.80	0.91	1.84	12.0
Idade no início do estudo	6.67	0.98	5.33	6.41	8.08
Tempo de uso no início do estudo	4.85	0.62	4.00	4.83	6.16

4.3 Instrumentos e Procedimentos

Os participantes foram submetidos aos procedimentos desta pesquisa, os quais incluíram: 1) pesquisa dos limiares audiométricos em campo livre, 2) avaliação da percepção da fala por meio do teste HINT, no silêncio e na presença de ruído e 3) avaliação dos benefícios proporcionados pelo uso do IC, nas atividades de vida diária do paciente, com base nas observações dos pais, por meio do questionário *Parents' Evaluation of Aural/oral Performance of Children (PEACH)*.

Tanto a pesquisa dos limiares audiométricos em campo livre, quanto a avaliação da percepção da fala, foram executadas com os participantes

dispondo somente do IC, mesmo aqueles que faziam uso de IC e AASI no seu dia a dia.

Todos os procedimentos listados foram aplicados integralmente em três momentos distintos (Figura 4):

- 1) 1ª Avaliação (linha de base): procedimentos realizados com o uso da estratégia HiRes 120. A HiRes 120 foi a estratégia de linha de base do presente estudo, pois era a estratégia já utilizada pelos participantes da casuística. Após essa avaliação, foi realizada a mudança de estratégia de processamento de sinal para a HiRes;
- 2) 2ª Avaliação: Após três meses de uso da estratégia HiRes, os participantes foram novamente avaliados por meio dos procedimentos listados acima. Após a avaliação, foi realizada a mudança de estratégia de processamento para a HiRes 120;
- 3) 3ª Avaliação: Após três meses de uso da estratégia HiRes 120, os procedimentos listados foram executados novamente.

Figura 4. Esquema representativo das etapas do protocolo de avaliação

Antes de iniciar a aplicação dos procedimentos descritos a seguir, foi realizada a avaliação do componente externo (processador de fala, antena transmissora, microfone e fios), por meio de inspeção visual e do componente interno, por meio da telemetria de impedância. Os procedimentos foram realizados a fim de descartar qualquer problema do dispositivo que interferisse nos resultados apresentados.

Para a programação do processador de fala, nos momentos em que foi realizada a mudança de estratégia de processamento de sinal, utilizou-se um microcomputador portátil, acoplado à interface de programação e ao software de programação da *Advanced Bionics* – o *SoundWave*, versão 2.0.

4.3.1 Pesquisa dos limiares audiométricos

Primeiramente, foram obtidos os limiares audiométricos em campo livre, para cada participante, nas frequências de 500, 1000, 2000 e 4000 Hz, utilizando tom *warble*.

A audiometria em campo livre foi realizada em cabine acústica de 2x2 metros e o audiômetro utilizado foi o Midimate 622 – Madsen Eletronics, conectado a um amplificador em campo livre e a duas caixas acústicas, calibrados em dB, nível de pressão sonora (NPS). O usuário de IC foi posicionado a um metro da caixa acústica, a 0º azimuth. Esse procedimento foi realizado para assegurar que todos os participantes do estudo apresentassem audibilidade adequada nas frequências da fala, não comprometendo os testes de percepção aplicados neste estudo.

4.3.2 Teste HINT

O HINT foi desenvolvido no *House Ear Institute*, em 1994, para fornecer uma medida confiável e eficiente dos limiares de recepção da fala para sentenças no silêncio e no ruído (Nilsson et al., 1994). A versão, em português, do teste, o HINT – Brasil, foi padronizada por Bevilacqua et al. (2008).

O teste engloba 240 sentenças, distribuídas em 12 listas com 20 sentenças foneticamente balanceadas, que podem ser aplicadas com a utilização de fones de ouvido ou em campo livre, nas condições de silêncio e com ruído competitivo.

A lista de sentença elegida para a realização de cada condição do teste foi selecionada aleatoriamente pelo próprio *software* do HINT, dentre as 12 listas com 20 sentenças cada, disponibilizadas pelo *software* (Anexo G).

Para a aplicação do teste, os equipamentos necessários foram: cabine acústica com caixa de som do tipo alto-falante, cadeira, disco compacto do programa HINT PRO e de calibração, cabos USB, computador tipo *desktop* e *software* do HINT, versão “Hint para Windows, versão 7.2”.

Como todos os participantes deste estudo eram usuários de IC, o teste HINT foi apresentado somente em campo livre, nas situações de silêncio e com ruído frontal e do lado do IC.

Na condição silêncio, o sinal de fala foi apresentado por meio de caixa acústica localizada a um metro de distância do sujeito, na posição frontal (0° azimuth) e na intensidade de 65 dBNPS, conforme apresentado na figura 5.

Figura 5. Esquema representativo da realização do teste HINT – condição silêncio

Na condição ruído frente, o sinal de fala foi apresentado na presença de ruído competitivo. Ambos os sinais foram apresentados pela mesma caixa acústica, localizada a um metro de distância do sujeito, na posição frontal (0° azimuth). Nessas condições, o ruído foi calibrado e mantido na intensidade de 65 dB NPS e a intensidade do sinal de fala foi apresentada, inicialmente, em 50 dB NPS. Contudo, esse sinal teve uma intensidade variável ao longo do procedimento, a partir da resposta apresentada pelo paciente.

Após a apresentação da primeira sentença pelo software, o avaliador considerou a resposta adequada (selecione o botão “sim” na tela) ou inadequada (botão “repetir”). Durante a apresentação das quatro primeiras sentenças, se o botão “Sim” fosse selecionado, a sentença seguinte teria

que ser apresentada em um nível quatro dB mais fraco que a sentença anterior. Caso o botão “Não” fosse selecionado, a próxima sentença seria apresentada em um nível quatro dB mais forte. Após as quatro primeiras sentenças, os incrementos passaram a ser iguais a dois dB.

Isto ocorreu até ser estabelecido o limiar de reconhecimento de sentenças (LRS), que foi obtido quando 50% das sentenças foram repetidas corretamente pelo participante (Figura 6).

Figura 6. Esquema representativo da realização do teste HINT – condição ruído frente

Na condição ruído lado, o sinal de fala foi apresentado na presença de ruído competitivo. O sinal de fala foi apresentado na caixa acústica, na posição frontal (0° azimuth), a um metro de distância do participante e o ruído foi apresentado na caixa acústica, posicionada a 90° azimuth, ipsilateralmente

ao IC, também a um metro de distância do sujeito. De forma semelhante à condição ruído frontal, o ruído foi calibrado e mantido na intensidade de 65 dB NPS e a intensidade do sinal de fala foi apresentada, inicialmente, em 50 dB NPS, porém, a intensidade desse sinal foi variável ao longo do procedimento, de acordo com a resposta apresentada pelo paciente. Isto ocorreu até que fosse estabelecido o LRS, que foi obtido quando 50% das sentenças foram repetidas corretamente pelo participante (Figura 7).

Figura 7. Esquema representativo da realização do teste HINT – condição ruído lado: A) IC na orelha direita; B) IC na orelha esquerda

Ao final do teste, o *software* forneceu automaticamente os valores em dB, nas situações de silêncio (representando o limiar), de ruído frontal e de ruído lateral (representando a relação sinal/ruído) para cada participante.

É importante ressaltar que a sequência de aplicação dos estímulos de fala, nas diferentes situações, ocorreu de forma aleatória, a fim de eliminar variáveis relacionadas ao cansaço, atenção dos participantes e ao

fenômeno de aprendizagem. A fim de excluir a variável da mudança das listas na avaliação da percepção da fala, nos diferentes momentos de avaliação do presente estudo, optou-se por utilizar a mesma lista de sentença nos diferentes momentos e nas diferentes condições de avaliação para cada participante.

Antes do início do procedimento, cada participante recebeu algumas instruções sobre o teste e foi realizado um treino prático com cada um, para que pudesse familiarizar-se com o protocolo.

O participante foi orientado que se tratava de um procedimento para testar sua habilidade em perceber a fala no silêncio e no ruído. Para tanto, o mesmo deveria permanecer sentado na mesma posição na cadeira (sem movimentar o corpo, nem a cabeça) e de frente para a caixa acústica. Os pacientes foram instruídos que ouviriam a voz de um homem lendo uma sentença e que deveriam repetir tudo o que ouvissem, mesmo que a voz dele estivesse muito fraca ou que tivesse entendido apenas parte da sentença. Em ambas as condições, as sentenças foram apresentadas uma única vez.

As respostas foram aceitas como corretas, conforme proposto por Bevilacqua et al. (2008):

- Quando o sujeito repetiu corretamente as palavras na sentença;
- Quando o sujeito mudou apenas o artigo definido ou indefinido;
- Quando o sujeito adicionou palavras à sentença, sem comprometer o seu significado;

- Quando o sujeito apenas inverteu a ordem da sentença, sem comprometer seu significado;
- Quando o sujeito mudou o tempo verbal, sem comprometer o significado da sentença.

4.3.3 Questionário PEACH

Esse questionário, utilizado para avaliar os benefícios proporcionados pelo uso do IC nas atividades de vida diária do paciente e baseado nas observações dos pais (Ching e Hill, 2007), foi adaptado para o português por Beltrami e Raymann (2006); Peruchi e Moret (2009). Os itens do protocolo focalizam os comportamentos auditivos e linguísticos das crianças em situações de vida real. A escala contém 16 questões, que avaliam o uso do dispositivo, conforto auditivo, situações no silêncio, situações no ruído e percepção/reconhecimento de sons ambientais (Anexo H).

O PEACH foi respondido pelos pais, na forma de entrevista, relatando o comportamento auditivo da criança perante cada situação proposta e oferecendo o maior numero de exemplos possíveis. Cada questão apresenta uma escala de cinco pontos, com escores de zero a quatro, assim distribuídos: 0 = nunca (a criança nunca apresenta tal comportamento), 1 = raramente (a criança apresenta o comportamento aproximadamente 25% das vezes), 2 = ocasionalmente (a criança apresenta o comportamento aproximadamente 50% das vezes), 3 = frequentemente (a criança apresenta o comportamento aproximadamente 75% das vezes) e 4 = sempre (a criança apresenta o

comportamento aproximadamente 100% das vezes). Como o avaliador é responsável pela atribuição dos escores na escala, todos os exemplos oferecidos devem ser anotados para facilitar tal tarefa.

Cabe ressaltar que, para não influenciar a observação e/ou relato nesse protocolo, em função da mudança de estratégia de processamento do sinal, durante a conversão da estratégia, foi explicado aos pais que seriam feitos ajustes de rotina na programação do processador de fala.

4.4 Forma de análise dos dados

Os dados de todas as etapas do estudo foram armazenados em banco de dados do EXCEL.

Para análise do desempenho nos três momentos de coleta dos participantes do estudo: na audiometria em campo livre, no teste HINT (condições silêncio, ruído frente e ruído lado) e no questionário PEACH (pontuação total, pontuação escala silêncio e escala ruído), foi utilizado o teste estatístico análise de variância com medidas repetidas. Para as comparações *post-hoc* utilizou-se o teste Turkey.

Em ambos os testes estatísticos utilizados no presente estudo, empregou-se o pacote computacional STATA, versão 9.0 e nível de significância de 5%.

5 RESULTADOS

Neste capítulo, serão apresentados os resultados do desempenho de percepção da fala dos 11 participantes do estudo, com as duas estratégias de processamento de sinal utilizadas pelos mesmos.

5.1 Pesquisa dos limiares audiométricos em campo livre

Na tabela 2 é apresentada a análise estatística descritiva e inferencial dos limiares audiométricos em campo livre, obtidos com as estratégias HiRes 120 e HiRes, nos diferentes momentos de avaliação do presente estudo.

Considerando o resultado da análise estatística inferencial, na frequência de 4000 Hz, as comparações *post-hoc* foram conduzidas e o resultado pode ser observado na tabela 3.

Tabela 2. Análise estatística dos limiares audiométricos em campo livre, nos diferentes momentos de avaliação do presente estudo

	500 Hz			1000 Hz			2000 Hz			4000 Hz		
	HiRes 120 (1ª Avaliação)	HiRes (2ª Avaliação)	HiRes 120 (2ª Avaliação)	HiRes 120 (1ª Avaliação)	HiRes (2ª Avaliação)	HiRes 120 (2ª Avaliação)	HiRes 120 (1ª Avaliação)	HiRes (2ª Avaliação)	HiRes 120 (2ª Avaliação)	HiRes 120 (1ª Avaliação)	HiRes (2ª Avaliação)	HiRes 120 (2ª Avaliação)
Média	25.90	25.0	25.0	27.27	25.5	25.90	28.81	24.0	23.5	28.18	23.5	21.81
DP	3.75	4.71	3.87	3.43	3.68	3.75	5.60	3.94	4.11	6.03	4.11	2.52
Mínimo	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
Mediana	25.0	25.0	25.0	30.0	25.0	25.0	25.0	25.0	22.5	30.0	22.5	20.0
Máximo	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	25.0
p-valor		0.77			0.57			0.36			0.04*	

Tabela 3. Comparações *Post-hoc* para análise da estatística inferencial na frequência de 4000 Hz

Comparação	Diferença	Valor crítico	Interpretação
4000 Hz (1ª Avaliação X 2ª Avaliação)	3.00	4.71	Não significativa
4000 Hz (1ª Avaliação X 3ª Avaliação)	5.00	4.71	Significante
4000 Hz (2ª Avaliação X 3ª Avaliação)	2.00	4.71	Não significativa

5.2 Avaliação da percepção da fala - Teste HINT

Por sua vez, os resultados apresentados pelos participantes do estudo, no teste HINT, na condição silêncio, ruído frente e ruído lado, podem ser visualizados nas Tabelas 4, 5 e 6, respectivamente. É importante ressaltar que quanto menor a média do LRF, melhor o desempenho auditivo do paciente.

Tabela 4. Análise estatística do resultado apresentado pelos participantes no teste HINT – condição silêncio, nos diferentes momentos de avaliação do estudo

	HiRes 120 (1ª Avaliação)	HiRes (2ª Avaliação)	HiRes 120 (3ª Avaliação)
Média	63.30	61.57	59.91
DP	8.60	8.97	6.37
Mínimo	51.40	44.20	50.4
Mediana	63.30	62.30	57.6
Máximo	77.10	74.00	69.0
p-valor		0.16	

Tabela 5. Análise estatística do resultado apresentado pelos participantes no teste HINT – condição ruído frente, nos diferentes momentos de avaliação do estudo

	HiRes 120 (1ª Avaliação)	HiRes (2ª Avaliação)	HiRes 120 (3ª Avaliação)
Média	8.49	9.66	8.63
DP	5.64	4.85	3.06
Mínimo	0.80	4.4	4.5
Mediana	9.20	8.5	8.4
Máximo	19.20	18.8	13.3
p-valor	0.69		

Tabela 6. Análise estatística do resultado apresentado pelos participantes no teste HINT – condição ruído lado, nos diferentes momentos de avaliação do estudo

	HiRes 120 (1ª Avaliação)	HiRes (2ª Avaliação)	HiRes 120 (3ª Avaliação)
Média	12.03	14.82	12.13
DP	5.29	4.19	4.71
Mínimo	1.20	5.0	6.4
Mediana	12.30	15.45	11.2
Máximo	18.8	20.0	17.9
p-valor	0.15		

Os resultados de cada participante no teste HINT, na condição ruído frente e lado, podem ser visualizados nos gráficos 1 e 2, respectivamente.

Gráfico 1. Resultados individuais no teste HINT – ruído frente

Gráfico 2. Resultados individuais no teste HINT – ruído lado

5.3 Avaliação dos benefícios proporcionados pelo uso do IC – questionário PEACH

Considerando a avaliação subjetiva do desempenho auditivo em situações de vida diária, os resultados da pontuação total do questionário PEACH, bem como os escores das subescalas silêncio e ruído, podem ser observados nas Tabelas 7, 8 e 9, respectivamente. Neste questionário, quanto maior o escore obtido, melhor o desempenho auditivo do paciente na situação avaliada.

Tendo em vista o resultado da análise estatística inferencial da pontuação total do PEACH, bem como o escore da escala ruído deste questionário, as comparações *post-hoc* foram conduzidas e o resultado pode ser observado na tabela 10.

Tabela 7. Análise estatística da pontuação total do questionário PEACH, nos diferentes momentos de avaliação do estudo

	HiRes 120 (1ª Avaliação)	HiRes (2ª Avaliação)	HiRes 120 (3ª Avaliação)
Média	90.07	96.36	96.48
DP	6.40	4.57	4.11
Mínimo	75.00	86.36	88.63
Mediana	90.90	97.72	97.72
Máximo	97.72	100.00	100.00
p-valor	< 0.001*		

Tabela 8. Análise estatística do escore da escala silêncio do questionário PEACH, nos diferentes momentos de avaliação do estudo

	HiRes 120 (1ª Avaliação)	HiRes (2ª Avaliação)	HiRes 120 (3ª Avaliação)
Média	93.93	97.49	98.10
DP	7.50	4.48	3.42
Mínimo	75.00	87.50	91.66
Mediana	95.83	100.00	100.00
Máximo	100.00	100.00	100.00
p-valor	0.13		

Tabela 9. Análise estatística do escore da escala ruído do questionário PEACH, nos diferentes momentos de avaliação do estudo

	HiRes 120 (1ª Avaliação)	HiRes (2ª Avaliação)	HiRes 120 (3ª Avaliação)
Média	85.45	95.00	93.63
DP	8.20	6.23	6.74
Mínimo	70.00	85.00	80.00
Mediana	90.00	97.50	95.00
Máximo	95.00	100.00	100.00
p-valor	< 0.001*		

Tabela 10. Comparações *Post-hoc* para análise da estatística inferencial da pontuação total e da pontuação da escala ruído do questionário PEACH

Comparação	Diferença	Valor crítico	Interpretação
PEACH – Total (1ª Avaliação X 2ª Avaliação)	-7.04	5.86	Significante
PEACH – Total (1ª Avaliação X 3ª Avaliação)	-7.07	5.86	Significante
PEACH – Total (2ª Avaliação X 3ª Avaliação)	-0.03	5.86	Não significativa
PEACH – Ruído (1ª Avaliação X 2ª Avaliação)	-10.49	7.44	Significante
PEACH – Ruído (1ª Avaliação X 3ª Avaliação)	-9.99	7.44	Significante
PEACH – Ruído (2ª Avaliação X 3ª Avaliação)	0.50	7.44	Não significativa

6 DISCUSSÃO

Desde 1984, quando a cirurgia do primeiro IC monocal foi aprovada pelo *Food and Drug Administration* para adultos, nos Estados Unidos, a tecnologia empregada nesses dispositivos tem sido aprimorada ao longo dos anos, auxiliando assim a melhora do desempenho auditivo dos seus usuários (Lenarz et al., 2011). Atualmente, na área dos IC, um dos desafios é proporcionar que as estratégias de processamento de sinal convertam os sinais acústicos em estimulação elétrica, com a maior fidedignidade possível, nas três dimensões do som (intensidade, tempo e frequência), a fim de proporcionar melhor desempenho auditivo, em situações difíceis de escuta, como nas situações de ruído.

Buscando este avanço tecnológico, em 2006 a *Advanced Bionics* lançou a estratégia HiRes 120, que tem como objetivo fornecer a representação espectral do sinal acústico de forma mais detalhada, juntamente com as informações temporais e de intensidade já proporcionadas pela estratégia HiRes, por meio da aplicação clínica dos canais espectrais virtuais.

Dos estudos com evidência científica publicados desde o lançamento desta estratégia, a maioria foi desenvolvida com adultos com perda auditiva pós-lingual e o uso da HiRes 120 em crianças com perda auditiva pré-lingual gera bastante interesse na área, uma vez que a informação espectral adicional proporcionada pela estratégia deve ser mais aproveitada nos casos de curto período de privação auditiva e da maior plasticidade neural residual (Mancini et al., 2009).

O único estudo com evidência científica desenvolvido com crianças com deficiência auditiva pré-lingual, usuárias de IC, identificado na literatura internacional, abordou o desenvolvimento da percepção da fala e a discriminação de fonemas com a estratégia HiRes 120, em comparação à HiRes. Neste contexto, o presente estudo buscou contribuir com o conhecimento científico na área da avaliação do reconhecimento de fala de crianças usuárias de IC, com a estratégia de processamento de sinal HiRes 120, em situações de silêncio e ruído, devido a inexistência de informações nessa área.

A seguir, serão discutidas as informações avaliadas pelos instrumentos propostos nesta pesquisa: o desempenho na pesquisa dos limiares audiométricos em campo livre, o desempenho auditivo no teste HINT e o desempenho auditivo em situações de vida diária, por meio do questionário PEACH.

Desempenho na pesquisa dos limiares audiométricos em campo livre

Para a realização deste estudo, inicialmente as crianças foram submetidas à pesquisa dos limiares audiométricos em campo livre e de acordo com os resultados obtidos foi possível observar que a média dos limiares audiométricos foi melhorando gradativamente nas diferentes avaliações, mas não houve diferença estatisticamente significativa no desempenho dos participantes, em função da estratégia de processamento utilizada (Tabelas 2), confirmando que não há influência da HiRes 120 na audibilidade dos sons, nas diferentes frequências da fala (Firszt et al., 2009; Donaldson et al., 2011). Contudo, a pesquisa dos limiares auditivos em campo livre, com o IC, foi

executada a fim de garantir audibilidade adequada nas frequências da fala e não influenciar no desempenho nos testes de percepção e isto foi assegurado, uma vez que os valores mínimos e máximos obtidos nas diferentes avaliações foram de 20 a 30 dB, respectivamente (Tabela 2).

Ainda referente a esse procedimento, os resultados mostraram que houve uma melhora estatisticamente significativa dos limiares audiométricos na frequência de 4000 Hz, na terceira avaliação, em relação à primeira (Tabela 3), porém, essa melhora não pode ser correlacionada à estratégia de processamento de sinal, pois em ambas as avaliações os processadores de fala dos participantes foram programados com a HiRes 120. Considerando que os participantes do presente estudo já apresentavam um tempo de uso de IC de no mínimo quatro anos, o dispositivo dos mesmos já era mapeado anualmente pelo centro de IC e como as avaliações para o presente estudo foram realizadas em um curto intervalo de tempo, isso pode ter contribuído com a melhora dos limiares auditivos, na frequência de 4000 Hz, entre a primeira e a terceira avaliações.

Desempenho auditivo no teste HINT

Ao conduzir o HINT na condição silêncio, foi possível observar, nesse teste de percepção da fala, a redução gradual do LRS nos diferentes momentos avaliados, porém, sem diferença estatisticamente significativa (Tabela 4), ou seja, não houve influência da estratégia HiRes 120 no desempenho auditivo nas situações de silêncio, conforme apontado

anteriormente por outros estudos (Brendel et al., 2008; Firszt et al., 2009; Park et al., 2009; Mancini et al., 2009; Drennan et al., 2010). Tal achado não é surpreendente, visto que a existência de poucos eletrodos intracocleares ativos já proporciona bons resultados de reconhecimento de fala no silêncio (Shannon et al., 2004) e, as informações espectrais adicionais da HiRes 120, em relação à HiRes, não influenciam no desempenho auditivo no silêncio.

Cabe ressaltar ainda que a melhora longitudinal, obtida pelos participantes no reconhecimento de sentença no silêncio, está relacionada com o desenvolvimento auditivo dos mesmos. De acordo com os critérios de inclusão e exclusão do presente estudo, somente as crianças que apresentavam habilidade auditiva de reconhecimento de palavras em conjunto aberto poderiam ser selecionadas para participar desta pesquisa, porém, o fato delas já terem atingindo a categoria máxima, proposta por Geers (1994), não impede que o usuário de IC tenha sua habilidade auditiva aprimorada ao longo do tempo de uso do dispositivo.

Atualmente, avaliação da percepção de fala não deve ser conduzida somente por meio de testes na situação de silêncio. A percepção da fala no ruído é de fundamental importância para a avaliação do benefício com o uso do IC, pois trata-se de uma medida que avalia a demanda auditiva em situações próximas ao que é vivenciado pelo usuário de IC em vida real, em que a baixa redundância do sinal prejudica a percepção do sinal de fala.

Neste contexto, ao considerar o desempenho auditivo dos participantes na condição ruído (Tabelas 5 e 6), foi possível visualizar que o LRS foi menor quando a avaliação foi conduzida com o processador de fala

programado com a estratégia de processamento de sinal HiRes 120, embora, tal resultado não tenha sido estatisticamente significativo.

A melhora no desempenho auditivo no ruído com a estratégia HiRes 120 já foi citada em estudos internacionais realizados com usuários adultos, com deficiência auditiva pós-lingual (Brendel et al., 2008; Firszt et al., 2009; Park et al., 2009; Donaldson et al., 2011) e está diretamente relacionada com o aumento das informações espectrais proporcionadas pela HiRes 120 (Shannon et al., 2004).

Enquanto na estratégia de processamento de sinal HiRes o som de entrada é filtrado em 16 bandas espectrais e a energia de cada banda é extraída e repassada, com altas taxas de estimulação, em um único eletrodo correspondente, na HiRes 120 o sinal de entrada é filtrado em 120 bandas. Esse aumento de canais espectrais possibilita que, na situação de ruído, todo sinal de entrada captado pelo microfone do processador de fala seja filtrado e transmitido de forma mais detalhada às fibras neurais auditivas, o que auxilia o sistema auditivo no reconhecimento da fala em situações difíceis de escuta.

Ao analisar os testes de percepção da fala utilizados nos estudos desenvolvidos anteriormente, verifica-se uma diversidade de testes utilizados para avaliar o desempenho auditivo com a estratégia HiRes 120, como o teste *Kowal Bamford* (Donaldson et al., 2011), o teste HINT (Firszt et al., 2009; Park et al., 2009), o *Speech Sound Evaluation* (Mancini et al., 2009), o teste *Hochmair-Schulz-Moser sentences* (Brendel et al., 2008) e listas de vocábulos monossílabos e dissílabos (Drennan et al., 2010). Esta diferença metodológica

entre os estudos influencia a comparação dos resultados do presente estudo com os demais realizados nesta temática, pois o tipo de ruído empregado e a relação sinal/ruído utilizada podem influenciar nos achados evidenciados pelo estudo (Brendel et al., 2008). Investigações dessa natureza devem continuar sendo realizadas para uma melhor compreensão desses achados.

Além da análise dos resultados do grupo de participantes do presente estudo, também foi realizada a análise individual dos resultados apresentados por cada participante no HINT, na condição ruído, nos diferentes momentos do estudo (Gráficos 1 e 2).

Ao observar os resultados individuais, foi possível verificar que nem todas as crianças avaliadas apresentaram o mesmo padrão de resposta com as diferentes estratégias, ou seja, algumas crianças apresentaram melhor desempenho auditivo no ruído com a estratégia HiRes 120 (S1, S2, S8, S11), outras apresentaram melhor desempenho auditivo no ruído com a estratégia HiRes (S4 e S9), enquanto que uma criança não apresentou diferença de desempenho nas duas estratégias (S3). O fato de um participante não ter se adaptado à HiRes também é um dado relevante neste estudo, pois a criança afirmava que a qualidade do som era ruim e que ela não conseguia compreender a fala das pessoas ao usar o programa ajustado com a estratégia de processamento de sinal HiRes. Esse achado vem colaborar com a afirmação que o sistema auditivo é único e os IC que possuem maior flexibilidade no ajuste da estratégia de processamento de sinal, a partir da necessidade de cada paciente, oferece mais benefício ao usuário (Lenarz et al., 2011).

A fim de verificar se alguma característica do participante influenciou no padrão de resposta obtido com as diferentes estratégias, o desempenho auditivo no ruído foi analisado comparativamente com as características dos participantes (Anexo F). Entretanto, não houve nenhuma característica demográfica ou audiológica, como audição residual (limiars auditivos pré-IC), tempo de privação sensorial, idade na cirurgia de IC, idade no momento da avaliação ou tempo de uso do IC, que tenha sido determinante no padrão de resposta apresentado pelo participante do estudo.

Essa heterogeneidade no padrão de resposta apresentado pelos participantes na situação de ruído, nas diferentes estratégias de processamento de sinal utilizadas, também foi de grande relevância para o presente estudo, pois evidencia que nem sempre a estratégia de processamento de sinal recomendada pela empresa beneficia todos os usuários de IC da mesma forma e reflete a necessidade do olhar clínico na seleção desse parâmetro de programação, no momento do mapeamento do IC, a fim de otimizar o desempenho auditivo pós-IC (Firszt et al., 2009).

Desempenho auditivo em situações de vida diária

Além da aplicação de testes de percepção da fala no ambiente clínico é importante o uso de medidas subjetivas para avaliar os benefícios do uso do IC em situações de vida diária, por meio da aplicação de inventários ou questionários que abordem a observação do comportamento auditivo e linguístico das crianças implantadas pelos seus pais e/ou cuidadores. Ao considerar que os pais participam de situações cotidianas com seus filhos, o relato parente pode ser considerado confiável e mais representativo

do comportamento auditivo da criança do que as avaliações conduzidas em ambientes estruturados.

Neste contexto, o questionário PEACH foi utilizado no presente estudo, a fim de avaliar os benefícios das estratégias de processamento de sinal HiRes e HiRes 120, nas atividades de vida diária dos participantes. Esta escala foi selecionada como um dos instrumentos deste estudo, pois a mesma pode ser utilizada para avaliar crianças de diferentes faixas etárias e habilidades auditivas (Ching e Hill, 2007). Outro fator importante na escolha desta escala é que as questões presentes no PEACH avaliam os benefícios do dispositivo em situações no silêncio e no ruído.

Tendo em vista a avaliação subjetiva do benefício do IC com as diferentes estratégias de processamento de sinal utilizadas, foi possível observar que na pontuação total do PEACH houve aumento do escore em ambos os momentos (Tabela 7). Tal situação também foi observada quando analisada a pontuação das escalas silêncio e ruído (Tabelas 8 e 9). Na pontuação total e na escala ruído foi observada melhora no desempenho auditivo de forma estatisticamente significativa entre a primeira e segunda avaliações (HiRes 120 e HiRes, respectivamente) e entre a primeira e terceira avaliações realizadas, ambas HiRes 120 (Tabela 10). Já na escala silêncio não foi notada diferença estatisticamente significativa entre os diferentes momentos avaliados (Tabela 8). Desse modo, tais achados parecem estar relacionados mais ao desenvolvimento das habilidades auditivas ao longo do tempo, pelo usuário de IC, do que pela estratégia de processamento de sinal utilizada pelo participante.

De acordo com os resultados apresentados no questionário PEACH, não foi possível observar diferença no desempenho auditivo dos

participantes em situações de vida diária com as estratégias HiRes e HiRes 120. Como não há estudos na literatura que utilizaram o questionário PEACH para avaliar a influência da estratégia de processamento de sinal no desempenho auditivo de crianças usuárias de IC, não é possível afirmar que não houve diferença de desempenho auditivo entre as estratégias utilizadas em situações de vida diária. Ao considerar os resultados do estudo conduzido por Ching et al. (2010), no qual não foi possível avaliar a influência do método prescritivo na programação do AASI em situações de vida diária, por meio do questionário PEACH, é possível inferir que a escala não foi sensível para avaliar a influência da estratégia de processamento de sinal no desempenho auditivo em situações do dia a dia das crianças participantes desse estudo.

O presente estudo e os demais realizados com as estratégias de processamento de sinal do sistema *HiResolution* da *Advanced Bionics* fornecem uma oportunidade de explorar a influência deste parâmetro de programação na percepção de fala de usuários de IC.

É essencial destacar ainda que, além desta variável, vários fatores estão envolvidos no desempenho auditivo de crianças usuárias de IC, tais como as características individuais do usuário de IC, os aspectos biopsicossociais, o comprometimento do paciente e/ou da família com o processo terapêutico, a realização de terapia fonoaudiológica especializada e a etiologia da deficiência auditiva, e esses fatores devem ser estudados para analisar sua contribuição no desempenho auditivo com o uso da estratégia de processamento de sinal HiRes 120 (Melo et al., 2012).

7 CONCLUSÃO

O presente estudo permitiu concluir que:

- Não foi observada influência da estratégia de processamento de sinal nos limiares auditivos de 500, 1000, 2000 e 4000 Hz;
- Não houve diferença no desempenho auditivo no silêncio com o uso da estratégia de processamento de sinal HiRes e HiRes 120;
- A média do LRF na situação de ruído foi inferior com a estratégia HiRes 120, tanto na condição ruído frontal, como ruído lateral, em relação à estratégia HiRes;
- Não houve diferença no desempenho auditivo no silêncio e no ruído, sob a perspectiva dos pais, com o uso da estratégia de processamento de sinal HiRes e HiRes 120.

8 ANEXOS

Anexo A – Folha de aprovação do estudo pelo Comitê de Ética em Pesquisa - Hospital de Reabilitação de Anomalias Craniofaciais - Universidade de São Paulo

Ofício nº 68/2011-SVAPEPE-CEP

Bauru, 01 de abril de 2011

Prezado(a) Senhor(a)

O projeto de pesquisa encaminhado a este Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos, denominado **"Percepção de fala em crianças usuárias de implante coclear com duas estratégias de processamento de sinal do sistema HiResolution"**, de autoria de **TATIANA MENDES DE MELO** desenvolvido sob sua orientação, foi enviado ao relator para avaliação.

Na reunião de **29 de março de 2011**, o parecer do relator **aprovando o projeto**, foi aceito pelo Comitê, considerando que não existem infrações éticas pendentes para início da pesquisa. Solicitamos a V.Sa. a gentileza de comunicar o parecer ao(a) pesquisador(a).

O(A) pesquisador(a) fica responsável pela entrega na SVAPEPE – Apoio ao Projeto de Pesquisa dos relatórios semestrais, bem como, comunicar ao CEP todas as alterações que possam ocorrer no projeto.

Informamos que após o recebimento do trabalho concluído, este Comitê enviará o parecer final para publicação do trabalho.

Atenciosamente,

PROFA. DRA. MÁRCIA RIBEIRO GOMIDE
Coordenadora do Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos do HRAC-USP

Ilmo(a). Sr(a).

Profa. Dra. Maria Cecília Bevilacqua

CPA – HRAC/USP

**Anexo B – Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Medicina da
Universidade de São Paulo.**

CIÊNCIA

O Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, em 25.05.11 tomou ciência do Projeto nº 189/11 intitulado "Percepção de fala em crianças usuárias de implante coclear com duas estratégias de processamento do sinal do sistema HiResolution", vinculado à pós-graduação do Programa de Fisiopatologia Experimental, que não envolverá atividade prática e/ou experimental no âmbito da Faculdade de Medicina ou Instituto do Câncer do Estado de São Paulo e que conta com prévia aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos do Hospital de Reabilitação de Anomalias Craniofaciais da Universidade de São Paulo.

Pesquisador(a) Responsável: Maria Cecília Bevilacqua

Pesquisador(a) Executante : Tatiana Mendes de Melo

CEP-FMUSP, 25 de maio de 2011.

Prof. Dr. Roger Chammas
Coordenador
Comitê de Ética em Pesquisa

Anexo C - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE).

HOSPITAL e REABILITAÇÃO
de ANOMALIAS CRANIOFACIAIS
INSTITUTO DE PESQUISA
Seções de Documentação e Informação
e Apoio à Pesquisa do SVAPEPE

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Pelo presente instrumento que atende às exigências legais, o Sr. (a) _____,

portador da cédula de identidade _____, responsável pelo paciente _____,

após leitura minuciosa deste documento, devidamente explicado pelos profissionais em seus mínimos detalhes, ciente dos serviços e procedimentos aos quais será submetido, não restando quaisquer dúvidas a respeito do lido e explicado, firma seu CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO concordando em participar da pesquisa: **“Percepção de fala em crianças usuárias de implante coclear com duas estratégias de processamento de sinal do sistema HiResolution”**, de autoria de Tatiana Mendes de Melo (CRFa nº 15.262), sob orientação da Dra Maria Cecília Bevilacqua (CRFa nº 3695), que tem como objetivo avaliar a o desempenho da percepção auditiva de crianças usuárias de implante coclear, utilizando duas diferentes estratégias de fala. Para isso, seu filho irá ser submetido a um teste de percepção de fala no silêncio e no ruído, que demora em torno de cinco minutos para ser realizado, no qual a criança deverá repetir sentenças que ouvir. Além disto, será solicitado que os pais ou responsáveis da criança preencham um questionário, com 16 questões, para avaliar a audição e linguagem da mesma nas situações de vida diária. O questionário demora, no máximo, cinco minutos para ser respondido totalmente. Estas avaliações serão realizadas durante a rotina de atendimento no CPA e em três diferentes momentos: em uma avaliação inicial, após três e seis meses da primeira avaliação. Em cada avaliação, a criança utilizará uma programação diferente do implante coclear, em relação à estratégia de processamento do sinal de entrada. Não será necessário seu comparecimento somente para participar na pesquisa. A participação na pesquisa é totalmente gratuita e não oferece nenhum risco à sua saúde. As informações referentes aos participantes serão guardadas em sigilo, sendo que somente os pesquisadores terão acesso a estas informações, e a análise das respostas no estudo estatístico será realizada sem a identificação dos participantes.

Caso o(a) senhor(a) queira apresentar reclamações em relação a sua participação na pesquisa, poderá entrar em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos, do HRAC-USP, pelo endereço Rua Silvío Marchione, 3-20 no Serviço de Apoio ao Ensino, Pesquisa e Extensão ou pelo telefone (14) 3235-8421.

Fica claro que o sujeito da pesquisa ou seu representante legal pode a qualquer momento retirar seu CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO e deixar de participar desta pesquisa e ciente de que todas as informações prestadas tornar-se-ão confidenciais e guardadas por força de sigilo profissional (Art. Nº 13 do Código de Ética de Fonoaudiologia).

Por estarem de acordo assinam o presente termo.

Bauru-SP, _____ de _____ de _____.

Assinatura do Sujeito da Pesquisa

Assinatura do Pesquisador Responsável

Nome do Pesquisador Responsável: Maria Cecília Bevilacqua
Endereço Institucional (Rua, Nº): Rua Silvío Marchione, 3-20
Cidade: Bauru Estado: SP CEP: 17012-900
Telefone: (14) 3234-2280 E-mail: cpa@centrinho.usp.br

Rua Silvío Marchione, 3-20 Bauru SP Brasil
caixa postal 1501 cep 17.012-900
tel. 55 14 3235 8421
e-mail: uep_projeto@centrinho.usp.br

Anexo D – Categorias de audição proposta por Geers (1994).

Categoria 0	<i>Não detecta a fala</i> Esta criança não detecta a fala em situações de conversação normal (limiar de detecção de fala > 65 dB).
Categoria 1	<i>Deteção</i> Esta criança detecta a presença do sinal de fala.
Categoria 2	<i>Padrão de percepção</i> Esta criança diferencia palavras pelos traços suprasegmentares (duração, tonicidade, etc.). Ex: dog X airplane, baby X birthday cake (mão X sapato; casa X menino).
Categoria 3	<i>Iniciando a identificação de palavras</i> Esta criança diferencia entre palavras em conjunto fechado com base na informação fonética. Este padrão pode ser demonstrado com palavras que são idênticas na duração, mas contém diferenças espectrais múltiplas. Ex: thooth brush X hot dog, airplane X lunch box (geladeira X bicicleta, gato X casa)
Categoria 4	<i>Identificação de palavras por meio do reconhecimento da vogal</i> Esta criança diferencia entre palavras em conjunto fechado que diferem primordialmente no som da vogal. Ex: bird, boat, bike, bat (pé, pó, pá; mão, meu, mim).
Categoria 5	<i>Identificação de palavras por meio do reconhecimento da consoante</i> Esta criança diferencia entre palavras em conjunto fechado que tem o mesmo som da vogal, mas contém diferentes consoantes. Ex: hair, pear, chair, stair (mão, pão, tão, cão, chão).
Categoria 6	<i>Reconhecimento de palavras em conjunto aberto</i> Esta criança é capaz de ouvir palavras fora do contexto e extrair bastante informação fonêmica, e reconhecer a palavra exclusivamente por meio da audição.

Anexo E – Categorias de linguagem proposta por Bevilacqua et al. (1996).

Categoria 1	Esta criança não fala e pode apresentar vocalizações indiferenciadas
Categoria 2	Esta criança fala apenas palavras isoladas
Categoria 3	Esta criança constrói frases de dois ou três palavras
Categoria 4	Esta criança constrói frases de quatro ou cinco palavras, e inicia o uso de elementos conectivos (pronomes, artigos, preposições)
Categoria 5	Esta criança constrói frases de mais de cinco palavras, usando elementos conectivos, conjugando verbos, usando plurais, etc. É uma criança fluente na linguagem oral

Anexo F – Dados demográficos e audiológicos de cada participante do presente estudo.

	Gênero	Idade na cirurgia do IC	Tempo de privação sensorial auditiva	Idade na avaliação (início estudo)	Tempo de uso do IC na avaliação (início estudo)
S1	Feminino	1 ano e 10 meses	1 ano e 11 meses	6anos e 3 meses	4anos 4 meses
S2	Masculino	2 anos e 10 meses	2 anos e 11 meses	6anos e 11 meses	4 anos
S3	Masculino	2 anos e 3 meses	2 anos e 4 meses	7anos e 2 meses	4anos e 10 meses
S4	Masculino	1 ano e 5 meses	1 ano e 6 meses	6anos e 5 meses	4anos e 10 meses
S5	Feminino	10 meses	11 meses	5anos e 5 meses	4 anos e 6 meses
S6	Feminino	2 anos e 11 meses	3 anos	8 anos e 1 mês	5 anos e 1 mês
S7	Feminino	1 ano e 3 meses	1 ano e 4 meses	6 anos e 2 meses	4 anos e 10 meses
S8	Feminino	10 meses	11 meses	5 anos e 4 meses	4 anos e 5 meses
S9	Feminino	1 ano e 9 meses	1 ano e 10 meses	7 anos e 8 meses	5 anos e 9 meses
S10	Feminino	1 ano e 1 mês	1 ano e 2 meses	5 anos e 11 meses	4 anos e 8 meses
S11	Feminino	2 anos e 10 meses	2 anos e 11 meses	8 anos e 1 mês	5 anos e 2 meses

Continua...

Criança	Etiologia da DA	Limiares auditivos pré-IC (sem AASI)				Limiares auditivos pré-IC (com AASI)				Uso efetivo AASI Pré-IC	Modelo do AASI
		0.5 KHz	1 KHz	2 KHz	4 KHz	0.5 KHz	1 KHz	2 KHz	4 KHz		
S1	Idiopática	85	70	85	90	75	70	85	90	Sim	B32 - Widex
S2	Genética	80	80	80	80	65	60	60	70	Sim	Extra - Phonak
S3	Idiopática	80	85	↓	↓	65	75	70	80	Sim	Canta 270 - Danavox
S4	Genética	85	90	90	95	80	80	95	95	Sim	Swift 120 - Oticon
S5	Idiopática	↓	↓	↓	↓	90	100	↓	↓	Sim	Swift 120 - Oticon
S6	Idiopática	↓	90	↓	↓	80	90	↓	↓	Sim	Swift 120 - Oticon
S7	Genética	90	85	95	95	65	65	65	65	Sim	Swift 120 - Oticon
S8	Idiopática	90	100	100	95	90	90	90	90	Sim	B32 - Widex
S9	Idiopática	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	Não	A675 JSP - Starkey
S10	Idiopática	90	100	↓	↓	75	80	75	↓	Sim	B32 - Widex
S11	Genética	↓	↓	↓	↓	75	85	↓	↓	Sim	Phoenix - Siemens

Legenda: ↓ 100 dB – limiar auditivo ausente em 100 dB (máximo do equipamento)

Continua...

Criança	Uso efetivo do IC	Uso do AASI contralateral	Abordagem terapia fonoaudiológica	Frequência semanal da terapia fonoaudiológica	Escola regular	Uso FM
S1	Sim	Sim	Aurioral	2 vezes/semana	Sim	Sim
S2	Sim	Não	Aurioral	1 vez/semana	Sim	Sim
S3	Sim	Sim	Aurioral	2 vezes/semana	Sim	Sim
S4	Sim	Sim	Aurioral	2 vezes/semana	Sim	Sim
S5	Sim	Sim	Aurioral	2 vezes/semana	Sim	Sim
S6	Sim	Não	Aurioral	2 vezes/semana	Sim	Não
S7	Sim	Não	Aurioral	1 vez/semana	Sim	Não
S8	Sim	Não	Aurioral	1 vez/semana	Sim	Não
S9	Sim	Sim	Aurioral	2 vezes/semana	Sim	Não
S10	Sim	Sim	Aurioral	2 vezes/semana	Sim	Não
S11	Sim	Não	Aurioral	1 vez/semana	Sim	Não

Anexo G – Lista de sentenças do teste HINT.**Lista 1**

A chuva derrubou o telhado.

A chuva destruiu as casas.

A fábrica fechou ontem.

A torneira ta pingando.

Ele não gosta de música.

É o prédio mais velho da praça.

Mal dá pra assistir televisão.

Meu filho nasceu hoje cedo.

Meus vizinhos dormem cedo.

Minha irmã comprou pão.

Minha mãe foi para casa.

Na feira tem frutas boas.

Não temos tempo para descanso.

O homem pegou o dinheiro.

O meu pai vendeu o sítio.

O moço bateu o carro.

O professor trabalhou ontem.

Perdi o dado do jogo.

Tem gente me esperando.

Vou acordar bem cedo.

Lista 2

A casa terá um jardim.

A escada era vermelha.

A mamãe está dormindo.

A menina gritou de susto.

A pilha acabou rápido.

Ela bateu o pé na porta.

Ela chamou a filha.

Eles ficarão no banco.

Eu ficarei com ela.

Eu gosto de televisão.

Eu irei ao parque amanhã.

Não sei qual era a história.

O frango está cozido.

O menino derrubou o suco.

O menino tem um amigo.

O motorista me esperou muito.

Os bombeiros conversaram.

Os homens usarão calças.

O sorvete derreteu logo.

Vou tomar banho quente.

Lista 3

A casa ficará pronta.

A manga está verde.

A novela está bonita.

Eles nadarão no mar.

Eu chamei a ambulância.

Eu convidei muitas crianças.

Eu lembrei da história.

Eu nadei na piscina.

Eu não vou ao aniversário.

Meu pai tem um sítio.

Minha amiga mora perto.

O barco afundou no rio.

O cachorro fugiu de casa.

O jornal caiu na rua.

O pássaro voou alto.

O sorvete de creme está bom.

Os preços aumentaram muito.

Perdi a hora outra vez.

Preciso terminar a casa.

Tomei banho frio hoje cedo.

Lista 4

A mamãe conversa com ele.

Ela ficou com medo.

Ela não toma café com leite.

Eles escutaram um barulho.

É meio perigoso andar sozinho.

Estou cansada hoje.

Eu brinquei em casa.

Eu ganhei um pirulito.

Eu sempre busco pão.

Eu tomei banho ontem.

Minha avó irá a praia.

Não vamos falar alto.

Naquela fábrica não tem vaga.

O homem parou o carro.

O leite estava na mesa.

O menino riu da piada.

O meu pai comprou roupa para mim.

Quero doze cervejas da Brahma.

Tá chovendo muito forte.

Visitei meus amigos.

Lista 5

A criança bateu a cabeça.

A minha letra é feia.

A novela terminará logo.

Ela não gosta de escrever.

Ele se vestiu de palhaço.

Eu olhei pela janela.

Eu peguei a bicicleta.

Fiquei sentada no chão.

Fui a festa do meu amigo.

Meu pai viajou de carro.

Minha mãe não ficou brava.

O almoço vai sair tarde.

O homem dirigiu bem.

O menino brincou na areia.

O menino jogou a água.

O menino quebrou o copo.

O moço se casará com ela.

Você fez um bom trabalho.

Você me empurrou com força.

Tem gente gritando lá fora.

Lista 6

A equipe jogará bem.

A garrafa estava na caixa.

A menina brinca de bonecas.

A novela já terminou.

As tesouras estão na mesa.

É hora de dormir.

Ela perdeu seu cartão de crédito.

Eu estou muito cansado.

Eu estava com um amigo.

Eu caí da bicicleta.

Minha irmã quase chorou.

Não vi televisão hoje.

O cachorro brincou com o osso.

O cachorro comerá a carne.

O carrossel já vai rodar.

Os jovens estão dançando.

Os tomates estavam verdes.

Passei meu cartão de ponto.

Quero ir embora agora.

Vou mudar para outra casa.

Lista 7

A mamãe está sozinha.

A mulher desmaiou na sala.

A primavera é bela.

As folhas caíram no chão.

A vida é muito curta.

Cheguei cedo do trabalho.

Ele precisa voltar ao país.

Eles deixaram eu brincar.

Empilhei quatro caixas.

Era uma bela tarde.

Eu estava escondida.

Não vou comprar ovos.

O amor não é só sensação.

O avô contou uma história.

O estudante dormiu aqui.

Os brinquedos estão no chão.

Quero duas latas de cerveja.

Quero trabalhar muito mais.

Tenho reunião as oito.

Vou inventar uma história.

Lista 8

A carta caiu no chão.

A gente brincou na praça.

A roupa do varal já secou.

Ela não chegou muito tarde.

Eu comprei o presente dele.

Eu irei à piscina.

Eu não bebo no serviço.

Eu procurei meu irmão.

Eu só sei escrever meu nome.

Eu venderei meu carro.

Eu vou ao médico depois.

Fui chamado para trabalhar.

Meu pai pegou um peixe.

Minha mulher está grávida.

Nesse final de semana ele folga.

O cachorro rasgou a toalha.

O uniforme já rasgou.

Tem gente batendo na porta.

Vai ter churrasco lá em casa.

Vou viajar no fim do ano.

Lista 9

A gente andou na roda gigante.

A médica tem muitas consultas.

A menina tropeçou na pedra.

A minha tia tem um filho.

As crianças ganharam brinquedos.

As meninas estão tristes.

Comerei logo.

Eu entendi a professora.

Eu fiz uma poesia para você.

Mamãe ligou no restaurante.

Meu irmão empurrou o carro.

Meu pai pagou o aluguel.

Meu pai virá aqui hoje.

Muito sabão mancha a roupa.

Não aprendi a lição.

Não gosto de poesia.

O menino chorou muito.

O meu pai jogou bola.

Os tomates acabaram cedo.

Sábado é bom para feijoada.

Lista 10

A comida está cara.

Ainda não tomei meu café.

A menina ganhou uma boneca.

Ela cortará a carne.

Ela rasgou a camisa nova.

Ele perdeu o boné ontem.

Ele tava com pressa para sair.

Eu também desenhei bem.

Eu tô feliz aqui no alto.

Gosto de conversar na rua.

Já começou a trabalhar de carro.

Já vou pagar o aluguel.

Perdi os meus documentos.

Preciso falar com você.

O bebê só chora a noite.

O empregado limpa o chão.

O estacionamento é longe.

O ladrão levou o dinheiro.

Vá lá em casa tomar sol.

Vamos chegar bem cedo.

Lista 11

A criança tomou chuva.

A estudante mora longe.

A loja vendeu com desconto.

A menina canta bonito.

A torcida verá o jogo.

Ela desfila com roupas da moda.

Ele pagou sua conta em dia.

Ele comeu peixe assado.

Eles queriam batatas.

Ela tinha muitos presentes.

Esse refrigerante tá quente.

Meu marido chega tarde.

O aluno acertou a questão.

O churrasco acabou logo.

O menino pedia socorro.

O motorista bateu o carro.

Os cavalos fugiram hoje.

O torcedor gritou no jogo.

Quero comer ovo frito.

Só bebi duas cervejas.

Lista 12

A cachorrinha não é brava.

Andei até o ponto de ônibus.

A professora tem roupa chique.

As crianças estão perdidas.

A senhora fez café pra você.

Brinquei na minha avó.

Ele caiu da árvore.

Eu brinquei com ele.

Hoje eu to morrendo de fome.

Não pude trabalhar hoje.

No fim de semana tem jogo.

O jogador fez muita falta.

O pastelzinho da feira é jóia.

Preciso fazer a barba.

Sua blusa está na cadeira.

To muito atrasado hoje.

Uma casa foi construída.

Vai ter churrasco domingo.

Você ganhou um jogo.

Vou comprar um rádio na loja.

Anexo H – Questionário PEACH.**USO DO APARELHO e DESCONFORTO SONORO**

1. Com que frequência a criança está utilizando sua prótese auditiva e/ou implante coclear. Você poderia me falar sobre a rotina de seu filho(a), com relação ao uso da prótese auditiva/implante coclear, durante a última semana?

2. Seu filho (a) é capaz de lhe indicar quando a prótese auditiva/implante coclear não está funcionando. Por exemplo, ele ou ela pode parecer irritável, agitado, choroso, tirando as próteses ou lhe informando verbalmente. Por favor, dê exemplos que tenham ocorrido durante a última semana, descrevendo quando e onde os mesmos ocorreram.

3. Seu filho (a) tem reclamado /ficado perturbado com algum som alto na última semana. (Ele/ela pode se assustar e/ou chorar, cobrir os ouvidos, tirar as próteses auditivas, reclamar ou demonstrar outros sinais de desconforto)? Por favor, dê exemplos que tenham ocorrido durante a última semana descrevendo quando e onde os mesmos ocorreram.

OUVINDO EM DIFERENTES SITUAÇÕES Questões 4-13

4. Você está em um ambiente silencioso com seu filho (a) (por exemplo, ele/ela pode estar sentado ao seu lado, ou do outro lado do cômodo, se a TV estiver desligada). Ele/ela responde a uma voz familiar ou ao seu próprio nome na primeira vez que você chama, fala ou canta, mesmo que ele não veja seu rosto? Por exemplo, ele/ela poderá estar respondendo com um sorriso, olhando para cima, virando a cabeça ou respondendo verbalmente.

OU Você está em um ambiente silencioso com seu filho (a) (por exemplo, ele/ela está sendo amamentado de olhos fechados, deitado ou sentado perto de você quando a TV está desligada). Ele/ela responde a uma voz familiar na primeira vez que você chama, fala ou canta, mesmo que ele/ela não consiga ver seu rosto? Por exemplo, quando você fala ou canta, ele/ela pode responder ficando quieto, parando de sugar, aumentando a sucção, abrindo os olhos ou olhando.

Momentos silenciosos podem ser quando a TV, música ou rádio estão desligados ou quando as outras pessoas da casa estão em outro lugar ou engajadas em atividades silenciosas.

Por favor, dê exemplos que tenham ocorrido durante a última semana descrevendo quando e onde os mesmos ocorreram.

5. Você está em um ambiente silencioso com seu filho (a) (Por exemplo, ele/ela pode estar sentado perto de você, atrás de você ou do outro lado do cômodo, quando a TV está desligada). Quando você faz uma pergunta simples (Por exemplo, onde está mamãe?), ou pede para ele realizar uma simples tarefa, (Por exemplo, olhar, bater palmas, acenar, apontar, pegar um brinquedo, pegar os próprios sapatos etc) ele/ela responde na primeira vez?

Momentos silenciosos podem ser quando a TV, música ou radio estão desligados ou quando as outras pessoas da casa estão em outro lugar ou engajadas em atividades silenciosas.

Por favor, dê exemplos que tenham ocorrido durante a última semana, descrevendo quando e onde os mesmos ocorreram.

6. Você está em um ambiente barulhento com seu filho (a) (Por exemplo, ele/ela está sentado perto de você, atrás de você ou do outro lado do cômodo, se a TV estiver ligada). Ele/ela responde a uma voz familiar ou ao seu próprio nome na primeira vez que você chama, fala ou canta, mesmo que ele/ela não consiga ver seu rosto? Por exemplo, ele/ela pode responder com um sorriso, olhando para cima, virando a cabeça ou verbalmente. **OU** Você está em um ambiente barulhento com seu filho(a)(por exemplo, ele/ela está sendo amamentado de olhos fechados, deitado ou sentado perto de você quando a TV está ligada). Ele/ela responde a uma voz familiar na primeira vez que você chama, fala ou canta, mesmo que ele/ela não consiga

ver ser rosto? Por exemplo, quando você fala ou canta, ele/ela pode responder ficando quieto, parando de sugar, aumentando a sucção, abrindo os olhos ou olhando.

Podem ser exemplos de uma situação barulhenta: quando a TV/lavadora de louça/rádio/música/lavadora de roupas estão ligadas ou quando as crianças estão brincando ou conversando no mesmo ambiente. E também reuniões familiares, shoppings ou restaurantes.

Por favor, dê exemplos que tenham ocorrido durante a última semana descrevendo quando e onde os mesmos ocorreram.

7. Você está em um ambiente barulhento com seu filho (a) (Por exemplo, ele/ela pode estar sentado perto de você, atrás de você ou do outro lado do cômodo, quando a TV está ligada). Quando você faz uma pergunta simples (Por exemplo, onde está mamãe?), ou pede para ele realizar uma simples tarefa, (Por exemplo, olhar, bater palmas, acenar, apontar, pegar um brinquedo, pegar os próprios sapatos etc) ele/ela responde na primeira vez?

Podem ser exemplos de uma situação barulhenta: quando a TV/lavadora de louça/rádio/música/lavadora de roupas estão ligadas ou quando as crianças estão brincando ou conversando no mesmo ambiente e também reuniões familiares, shoppings ou restaurantes.

Por favor, dê exemplos que tenham ocorrido durante a última semana, descrevendo quando e onde os mesmos ocorreram.

8. Quando você lê uma história para seu filho (a) (ou ele/ela ouve histórias/músicas na TV, vídeo ou fita cassete), ele/ela presta atenção/acompanha a história? (Por exemplo, seu filho pode perguntar sobre a história, responder suas perguntas, discutir a história com você, cantar junto com a música). **OU** Quando você lê uma história para seu filho (a) (ou ele/ela ouve histórias, músicas, canções infantis na TV, vídeo ou fita cassete) ele/ela presta bastante atenção/acompanha a história? (Por exemplo, a criança pode olhar para as figuras ou para a TV, virar a página, levantar os braços, apontar para a figura correta, imitar os sons apropriados de um objeto ou animal, encontrar objetos, bater palmas, dançar, imitar, balbuciar ou fazer alguma atividade, etc)

Por favor, dê exemplos que tenham ocorrido durante a última semana, descrevendo quando e onde os mesmos ocorreram.

9. Quando você está em um ambiente silencioso com seu filho (a), com que frequência ele/ela inicia ou participa de uma conversa com você, sua família ou amigos? (Por exemplo, ele/ela precisa de repetição constante,

responde ao tópico de maneira adequada, ouve a conversa mesmo que esta não esteja dirigida a ele/ela). **OU** Quando você está em um ambiente silencioso com seu filho (a), com que frequência seu filho (a) vocaliza para chamar sua atenção/expressar necessidade ou responder a você, membros de sua família ou amigos?(Por exemplo, variando o tom da voz, tentando imitar sons ou palavras, alternando vocalizações, apontando para objetos enquanto os vocaliza ou nomeia.)

Situações silenciosas podem ser quando a TV, música ou radio estão desligados ou quando as outras pessoas da casa estão em outro lugar ou engajadas em atividades silenciosas.

Por favor, dê exemplos que tenham ocorrido durante a última semana, descrevendo quando e onde os mesmos ocorreram.

10. Quando você está em um ambiente barulhento com seu filho (a), com que frequência ele/ela inicia ou participa de uma conversa com você, sua família ou amigos? (Por exemplo, ele/ela precisa de repetição frequente, responde ao tópico de maneira apropriada, ela ouve a conversa mesmo que esta não seja dirigida a ele/ela). **OU** Quando você está em um ambiente barulhento com seu filho (a), com que frequência vocaliza para chamar a sua atenção/mostrar necessidade ou para responder a você, membros da família ou amigos? (Por exemplo, variando o tom da voz, tentando imitar sons ou

palavras, alternando vocalizações, apontando para objetos enquanto os vocaliza ou nomeia.)

**Podem ser exemplos de uma situação barulhenta:
quando a TV/lavadora de
louça/rádio/música/lavadora de roupas estão
ligadas ou quando as crianças estão brincando ou
conversando no mesmo ambiente e também
reuniões familiares, shoppings ou restaurantes.**

Por favor, dê exemplos que tenham ocorrido durante a última semana, descrevendo quando e onde os mesmos ocorreram.

11. Quando você fala/canta para seu filho (a) no carro, no ônibus ou no trem, ele/ela responde/acompanha o que você está dizendo/cantando? As respostas podem incluir ficar quieto, apontar, olhar na direção de alguma coisa, acompanhar você na música ou responder verbalmente.

Por favor, dê exemplos que tenham ocorrido durante a última semana, descrevendo quando e onde os mesmos ocorreram.

12. Se você ou um amigo chama seu filho (a) quando ele/ela não pode ver seu rosto, ele/ela reconhece quem o está chamando?(Por exemplo, dizendo o nome da pessoa, chamando a pessoa pelo nome ou dizendo "... está na porta".) **OU** Se você ou um familiar próximo fala/canta quando seu filho (a) não

está olhando, (Por exemplo, do corredor ou por trás dele) ele/ela reconhece quem está falando/cantando?(Por exemplo, eles podem ficar quietos ou mais calmos, olhar e sorrir ou olhar animadamente para quem falou).

Por favor, dê exemplos que tenham ocorrido durante a última semana, descrevendo quando e onde os mesmos ocorreram.

13. Seu filho (a) usa o telefone? Se a resposta for afirmativa, ele/ela consegue reconhecer uma voz familiar e/ou manter uma conversa com quem está falando? Por favor, dê exemplos que tenham ocorrido durante a última semana, descrevendo quando e onde os mesmos ocorreram.

SONS AMBIENTAIS Questões 14-16

14. Que sons ambientais seu filho (a) tem reconhecido/respondido nesta última semana? (por exemplo, ele/ela pode acordar com a batida de uma porta, ou se assustar com algo que cai no chão, parar de sugar, ficar quieto, parecer intrigado, procurar pelo som, imitar ou nomear o som). Por favor, dê exemplos que tenham ocorrido durante a última semana, descrevendo quando e onde os mesmos ocorreram.

15. Seu filho (a) tem conseguido dar a localização de sons e/ou vozes familiares?(Por exemplo, olhando na direção da pessoa que falou ou chamou, olhando na direção que os carros estão vindo, quando estão atravessa a rua, localizando sons de aviões ou pássaros ou qualquer outro som que ele possa ouvir no seu ambiente).

Por favor, dê exemplos que tenham ocorrido durante a última semana, descrevendo quando e onde os mesmos ocorreram.

16. Seu filho reconhece e/ou imita alguma música? (Por exemplo, ele/ela pode começar a fazer os movimentos de uma canção infantil quando a ouve, ou começar a cantar ou balbuciar a letra de uma música). Por favor, dê exemplos que tenham ocorrido durante a última semana, descrevendo quando e onde os mesmos ocorreram.

Forma de análise do questionário PEACH

Pontuação da subescala de silêncio: $(4+5+8+9+12+13) / 24 \cdot 100$

Pontuação da subescala de ruído: $(6+7+10+11+14) / 20 \cdot 100$

Pontuação total: soma total das pontuações / $44 \cdot 100$

9 REFERÊNCIAS

1. Beltrami PB, Raymann BCW. Aplicabilidade do instrumento peach na avaliação de criança usuárias de prótese auditiva [monografia]. Canoas: Curso de Fonoaudiologia, Universidade Luterana do Brasil; 2006.
2. Bevilacqua MC, Delgado EMC, Moret ALM. Estudos de casos clínicos de crianças do Centro Educacional do Deficiente Auditivo (CEDAU), do Hospital de Pesquisa e Reabilitação de Lesões Lábio-Palatais - USP. In: Anais do XI Encontro Internacional de Audiologia. Março/Abril 30-02, 1996. Bauru, Brasil.
3. Bevilacqua MC, Banhara MR, Costa E, Vignoly A, Alvarenga KF. The brazilian portuguese hearing in noise test. *Int J Audiol*. 2008; 47: 364-5.
4. Bosco E, D'Agosta L, Mancini P, Traisci G, D'Elia C, Filipo R. Speech perception results in children implanted with Clarion devices: HiResolution and standard resolution modes. *Acta Otolaryngol*. 2005; 125:148-58.
5. Brendel M, Buechner A, Krueger B, Frohne-Buechner C, Lenarz T. Evaluation of the Harmony sound processor in combination with the speech coding strategy HiRes 120. *Otol Neurol*. 2008;29(2):199-202.
6. Buechner A, Frohne-Buechner C, Gaertner L, Lesinski-Schiedat A, Battmer R, Lenarz T. Evaluation of advanced bionics high resolution mode. *Int J Audiol*. 2006;45:407-16.

7. Buechner A, Frohne-Buchner C, Gaertner L, Stoever T, Battmer RD, Lenarz T. The Advanced Bionics high resolution mode: stimulation rates up to 5000 pps. *Acta Otolaryngol.* 2010; 130(1):114-23.
8. Buchner A, Lenarz T, Boermans PP, Fijns JHM, Mancini P, Filipo R et al. Benefits of the HiRes 120 coding strategy combined with the Harmony processor in an adult European multicentre study. *Acta Otolaryngol.* 2012; 132: 179–87.
9. Busby PA, Plant KL. Dual electrode stimulation using the Nucleus CI24RE cochlear implant: electrode impedance and pitch ranking studies. *Ear Hear.* 2005;26(5):504-11.
10. Ching TY, Hill M. The Parent's Evaluation of Aural/Oral Performance of Children (PEACH): Escale Normative Data. *J Am Acad Audiol.* 2007;18(2):200-35.
11. Clark GM. Cochlear Implants: Fundamentals and Applications. New York: Springer Verlag; 2003.
12. Donaldson GS, Kreft HA, Litvak L. Place-pitch discrimination of single-versus dual-electrode stimuli by cochlear implant users. *J Acoust Soc Am.* 2005;118(2):623-6.
13. Donaldson GS, Dawson PK, Borden LZ. Within-subjects comparison of the HiRes and Fidelity 120 speech processing strategies: speech perception and its relation to place-pitch sensitivity. *Ear Hear.* 2011;32(2): 238-50.
14. Drennan WR, Won JH, NieK, Jameyson E, Rubinstein JT. Sensitivity of psychophysical measures to signal processor modification in cochlear implant users. *Hear Res.* 2010;262(1-2):1-8.

15. Filipo R, Mancini P, Ballantyne D, Bosco E, D'Elia C. Short-term study of the effect of speech coding strategy on the auditory performance of pre and post-lingually deafened adults implanted with the Clarion CII. *Acta Otolaryngol.* 2004; 124:368-70.
16. Firszt JB, Koch DB, Downing M, Litvak L. Current steering creates additional pitch percepts in adult cochlear implant recipients. *Otol Neurotol.* 2007;28(5):629-36.
17. Firszt JB, Holden LK, Reeder RM, Skinner MW. Speech recognition in cochlear implant recipients: comparison of standard HiRes and HiRes 120 sound processing. *Otol Neurol.* 2009; 30:46-52.
18. Geers AE. Techniques for assessing auditory speech perception and lipreading enhancement in Young deaf children. *Volta Review.* 1994;96(5): 85-96.
19. Koch DB, Osberger MJ, Segel P, Kessler D. HiResolution and conventional sound processing in the HiResolution Bionic Ear: using appropriate outcome measures to assess speech recognition ability. *Audiol Neurotol.* 2004;9:214-223.
20. Koch DB, Downing M, Osberger MJ, Litvak L. Using current steering to increase spectral resolution in CII and HiRes 90K users. *Ear Hear.* 2007; 28(Suppl 2): 38S-41S.
21. Lenarz M, Joseph G, Sonmez, Buchner A, Lenarz T. Effect of technological advances on cochlear implant performance in adults. *Laryngoscope.* 2011;121: 2634–40.

-
22. Mancini P, Bosco E, D'Agosta L, Traisci G, Nicastrì M, Capelli G et al. Implementation of perceptual channels in children implanted with a HiRes 90K device. *Acta Otolaryngol.* 2009;129:1442-50.
23. McDermott HJ, McKay CM. Pitch ranking with non-simultaneous dual electrode electrical stimulation of the cochlea. *J Acoustic Soc Am.* 1994;96(1):155-62.
24. Melo TM, Bevilacqua MC, Costa OA. Percepção da fala de usuários de implante coclear com a estratégia HiRes 120: revisão sistemática. *Braz. J. Otorhinolaryngol.* 2012;78(3): 129-33.
25. Nilsson M, Soli S, Sullivan J. Development of the hearing in noise test for the measurement of speech reception thresholds in quiet and in noise. *JASA.* 1994; 95(2):1085-99.
26. Park HJ, Lee SC, Chun YM, Lee JY. HiRes with Fidelity 120 benefit in native speakers of Korean. *Cochlear Impl Int.* 2009;10(S1):85-8.
27. Peruchi VS, Moret ALM. Parents Evaluation of Aural/Oral Performance of Children (PEACH) Scale: adaptação cultural para o português brasileiro [monografia]. Bauru: Especialização em Audiologia Clínica e Educacional, Hospital de Reabilitação de Anomalias Craniofaciais, Universidade de São Paulo; 2009.
28. Rubinstein JT, How cochlear implants encode speech. *Otolaryngol Head Neck Surg.* 2004;12(5):244-8.
29. Shannon RV, Fu QJ, Galvin J III. The number of spectral channels required for speech recognition depends on the difficulty of the listening situation. *Acta Otolaryngol.* 2004;Suppl 552: 50-4.

30. Townshend B, Cotter N, Van Compernelle D, White RL. Pitch perception by cochlear implants subjects. *J Acoust Soc Am.* 1987;82(1):106-15.
31. Wilson BS, Lawson DT, Zerbi M, Finley C. Recent developments with the CIS strategies. *Advances in Cochlear Implants: Proceedings of the third international cochlear implant conference.* Vienna, Austria: 1994.