

MARIANA CARDOSO GUEDES

**Telemetria de resposta neural: repercussões dos fatores
etiológicos e no reconhecimento de fala após o implante coclear**

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

Área de concentração: Otorrinolaringologia

Orientador: Prof. Dr. Rubens Vuono de Brito Neto

São Paulo

2007

TELEMETRIA DE RESPOSTA NEURAL: REPERCUSSÕES DOS FATORES
ETIOLÓGICOS E NO RECONHECIMENTO DE FALA APÓS O IMPLANTE COCLEAR

MARIANA CARDOSO GUEDES

BANCA EXAMINADORA:

(Nome e assinatura)

(Nome e assinatura)

(Nome e assinatura)

Dissertação defendida em ____/____/____

Dedicatória

Aos meus pais, Heloísa e José Carlos, pelo amor incondicional que tem aos filhos. Por tudo que me proporcionaram e ensinaram. Por serem modelos de integridade, sabedoria e coragem.

Ao meu amor e grande companheiro Raimar, que participou ativamente de todos os momentos do meu trabalho. Obrigada pelo respeito, pela confiança, pela sua sabedoria e pela dedicação que tens a mim.

Aos meus irmãos, pelo carinho, apoio e incentivo que sempre me deram.

Aos Professores da minha família: vovô Luiz, vovó Dolores, mamãe, tia Martha e Carol. Será a paixão pelo ensino uma herança genética? Dedico a vocês, minhas pesquisas e minha aula.

Agradecimentos

Ao Dr. Rubens Vuono de Brito Neto. Agradeço a orientação, dedicação, e, acima de tudo, a confiança que sempre teve em mim e no meu trabalho.

À Fga. Valéria Goffi, pela amizade e por tudo que me ensinou nesses sete anos em que trabalhamos juntas. Pela competência, correções e paciência. Vá, pelos bons momentos vividos juntas ...

À querida amiga e fonoaudióloga Sandra B. Giorgi Sant'Anna (carinhosamente chamada de "Xã"), a quem eu admiro muito. Obrigada pelo imenso carinho, pela amizade e pelo aprendizado. Agradeço o respeito e a confiança que você tem por mim e as oportunidades que me deste.

À Fga. Maria Elisabete B. Pedalini, a Bete. Pela tranquilidade que me passa no campo profissional e pessoal. Mais que tudo, por acreditar em mim. Obrigada pelo incentivo, sempre.

Ao Raimar, pelas horas dedicadas e finais de semana perdidos, pela análise estatística, pelo auxílio com os gráficos e tabelas, pelas críticas e pela ajuda na correção deste trabalho.

Às fonoaudiólogas e colegas de trabalho, no grupo de Implante Coclear e no consultório: Cris Ornelas, Déia, Gabi, Valéria, Mayte, Melissa, Cíntia, Gerissa,

Lígia, Cristina, Raquel, Ana Tereza e Ciça. Obrigada pela amizade de vocês, pela ajuda e pela compreensão durante as minhas ausências.

Aos colegas de Equipe, que sempre apoiaram este trabalho: os médicos Prof. Dr. Ricardo Ferreira Bento, Dr. Robinson Koji Tsuji, fellows do grupo de ouvido e cirurgia de base de crânio e psicólogas Heloisa Nasralla e Rosa Maria Rodrigues.

À querida Lala, pelo ensino do inglês e ajuda na escrita do artigo e do *summary*, além da revisão do Português.

À Marinalva, da Biblioteca Central, pelos conselhos e confecção da ficha catalográfica.

Às queridas Marileide e Lucy, da pós-graduação da Otorrino. Obrigada por tudo!

Aos amigos que, mesmo distantes, sempre me apoiaram nos momentos difíceis.

Aos pacientes do Grupo de Implante Coclear do HCFMUSP, por toda a cooperação com o nosso trabalho. A vitória de cada um de vocês e as emoções durante os atendimentos recompensam-me o trabalho e me motivam a continuar...

A todos aqueles que, de uma forma ou de outra, me auxiliaram e contribuíram com a realização desse trabalho.

Normalização Adotada

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

Referências: adaptado de *International Committee of Medical Journals Editors* (Vancouver).

Universidade de São Paulo. Faculdade de Medicina. Serviço de Biblioteca e Documentação. *Guia de apresentação de dissertações, teses e monografias*. Elaborado por Annelise Carneiro da Cunha, Maria Julia de A. L. Freddi, Maria F. Crestana, Marinalva de Souza Aragão, Suely Campos Cardoso, Valéria Vilhena. 2ª ed. São Paulo: Serviço de Biblioteca de Documentação; 2005.

Abreviaturas dos títulos dos periódicos de acordo com *Listo f Journals Indexed in Index Medicus*.

Sumário

Lista de abreviaturas, símbolos e siglas	
Lista de figuras	
Lista de tabelas	
Lista de quadros	
Resumo	
Summary	
Normas para publicação	
Comprovante de submissão	
Artigo enviado para publicação	
Artigo publicado	
1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVO	8
3. REVISÃO DA LITERATURA	9
3.1. Potencial de ação composto evocado eletricamente (PACEE): características e registro pelo sistema de telemetria neural (TRN)	9
3.2. Uso das medidas objetivas em usuários de implante coclear	14
3.3. Relação entre medidas do potencial de ação do nervo auditivo, sobrevivência neural e indicadores de desempenho	17
4. CASUÍSTICA E MÉTODO	21
4.1. Casuística	21
4.2. Medidas do PACEE e parâmetros de gravação da TRN	25

4.3. Programação do Processador de Fala	26
4.4. Avaliação do Reconhecimento de Fala Após o Implante Coclear	27
4.5. Análise Estatística	28
5. RESULTADOS	30
6. DISCUSSÃO	38
7. CONCLUSÃO	44
8. ANEXOS	45
9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	50
Apêndice	

LISTA DE ABREVIATURAS, SÍMBOLOS E SIGLAS

μV	Micro-Volt
μA	Micro-Ampères
μs	Micro-segundo
ACE	<i>Advanced combination encoder</i>
CAPPesq	Comissão de Ética para Análise de Projetos de Pesquisa
dB	Decibel
DP	Desvio padrão
GASP	<i>Glendonald auditory screening procedure</i>
HCFMUSP	Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo
Hz	Hertz
IC	Intervalo de confiança
IEP	Intervalo entre pulso
LERA	Limiar elétrico do reflexo acústico
MP1+2	Modo de estimulação monopolar 1+2
ms	Milissegundo
N24	Modelo Nucleus 24
NC	Nível de corrente
PACEE	Potencial de Ação Composto Evocado Eletricamente
PEATE	Potencial evocado auditivo de tronco encefálico
pNRT	Ponto do limiar objetivo à estimulação elétrica pela TNR
pps/c	Pulsos por segundo por canal

r	Coeficiente de correlação
RR	Risco relativo
TACAM	Teste de Avaliação da Capacidade Auditiva Mínima
TRN	Telemetria de Resposta Neural
<	Menor que
=	Igual a
≥	Maior ou igual a
±	Mais ou menos

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Telemetria de Resposta Neural (TRN): Equipamento e trajeto do estímulo elétrico enviado aos eletrodos e registro das respostas do nervo auditivo.....	3
Figura 2 – Características do potencial neural: latência, amplitude e pTRN a partir da curva de crescimento de amplitude.....	4
Figura 3 – Paradigma da subtração	10
Figura 4: <i>Boxplot</i> dos resultados do teste de reconhecimento de sentenças em formato aberto (em %), de acordo com a presença ou ausência de TRN intra-operatório dos adultos pós-linguais.....	34
Figura 5: Gráfico de barras demonstrando a distribuição dentro das categorias de percepção de fala conforme Geers agrupadas de acordo com a presença ou ausência de TRN intra-operatório para as crianças.....	36

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Dados demográficos e referentes à perda auditiva para os 97 pacientes selecionados para análise.....	23
Tabela 2: Etiologia da surdez nos 97 pacientes selecionados para análise.....	24
Tabela 3 – Prevalências de presença e ausência de TRN de acordo com as etiologias da surdez.	31
Tabela 4: Prevalência de presença e ausência de TRN intra-operatório, de acordo com dados demográficos relacionados à surdez, estratificado para a etiologia meningite ou outras causas, dos 97 pacientes estudados.....	32

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Correspondência aproximada entre os valores de corrente elétrica em micro Ampères e em nível de corrente, unidade usada pelo sistema de implante coclear N24@.....	5
Quadro 2 - Categorias de percepção de fala, conforme Geers (1994).....	27

RESUMO

GUEDES MC. *Telemetria de resposta neural: repercussões dos fatores etiológicos e no reconhecimento de fala após o implante coclear* [dissertação]. São Paulo: Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo; 2007. 55p.

INTRODUÇÃO: O Potencial de Ação Composto Evocado Eletricamente (PACEE) é a medida da atividade sincrônica das fibras neurais eliciadas pelo implante coclear. O potencial é registrado diretamente da cóclea, utilizando os eletrodos como geradores do estímulo e gravadores da resposta, procedimento denominado Telemetria de Resposta Neural (TRN). A análise das características da resposta neural pode ser útil no conhecimento sobre a funcionalidade do nervo auditivo e das estruturas neurais sobreviventes. A presença do PACEE pode estar, portanto, relacionada ao resíduo auditivo e influenciar no desempenho para processar os estímulos de fala. **OBJETIVO:** Identificar os possíveis fatores associados à ausência do PACEE na condição intra-operatória e avaliar a repercussão da ausência de resposta neural no desempenho em testes de reconhecimento de fala após 06 meses de uso contínuo do implante coclear. **MÉTODOS:** Clínico longitudinal retrospectivo. Participaram do estudo todos os indivíduos operados entre 2003 e 2006 com o implante N24 e cujos exames evidenciaram inserção completa e ausência de alterações nas impedâncias ($n = 97$). A ausência da resposta neural foi estabelecida quando não se encontrava registro de onda com reprodutibilidade em nenhuma das séries de otimização em todos os eletrodos pesquisados. Os processadores de fala foram ativados com parâmetros sugeridos pelo fabricante e os níveis de corrente determinados pelo método psicoacústico. Os testes de percepção de fala foram realizados após seis meses de uso contínuo e sem leitura orofacial ou apoio de gestos. Os indivíduos foram divididos em grupos de acordo com a presença do PACEE: Grupo “TRN presente” e Grupo “TRN ausente”. A média dos resultados nos testes de reconhecimento de fala foi comparada entre os dois grupos utilizando-se o teste não paramétrico *U* de Mann-Whitney, Teste exato de Fisher e teste do Qui-quadrado. **RESULTADOS:** No Grupo TNR ausente a prevalência de surdez por meningite foi de 48% e no Grupo TNR presente de 13.9% ($p < 0,001$). O risco relativo para um indivíduo com surdez pós-meningite não apresentar respostas neurais para o estímulo elétrico no intra-operatório é 3.1 vezes maior do que o de um indivíduo com surdez por outras causas. A amostra foi estratificada por etiologia. Os resultados mostraram forte associação entre a ausência do PACEE e piores resultados em testes de reconhecimento de fala. OS resultadoS dos indivíduos em que o potencial foi ausente foram significativamente menor que a média dos indivíduos com PACEE presente ($p = 0,002$), independente da etiologia da surdez. **CONCLUSÃO:** A ausência do PACEE em usuários do implante coclear sugere pobre capacidade de despolarização e de condução neural diante da estimulação elétrica. A etiologia de surdez por meningite esteve associada à ausência do potencial e à piores resultados nos testes de reconhecimento de fala. Independentemente deste fator, a presença do potencial no momento intra-operatório esteve associada ao melhor desempenho para processar estímulos de fala, sugerindo um bom prognóstico com o dispositivo.

Descritores: Implante coclear; Telemetria; Potenciais evocados auditivos; Percepção de fala.

SUMMARY

GUEDES MC. *Neural response telemetry: repercussions of etiological factors and speech recognition after cochlear implant*. [dissertation]. São Paulo: “Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo”; 2007. 55p.

INTRODUCTION: The Electrically Evoked Compound Action Potential (ECAP) is the register of synchronic activity of neural fibers stimulated by Cochlear Implant. The potential is registered directly from the cochlea using the electrodes as stimulus probe and recorder. This procedure is called Neural Response Telemetry (NRT). The analysis of ECAP can be useful to understand the auditory system function and the surviving neural population. The ECAP presence could be, though, related to auditory residual and influence the ability to process the speech stimulus. **Objective:** to identify the factors associated to the absent NRT responses and the consequence repercussions for speech recognition after six months of cochlear implant use. **METHODS:** longitudinal retrospective clinical study. Selection criteria: individual who received N24 cochlear implant model between 2003 and 2006 and presented exams showing complete insertion of electrode array and normal impedances results ($n = 97$). The NRT absent responses were established when there was no reproducible register in any optimization series of all electrodes searched. The implant speech processors were mapped according to the manufacturer's default. The current levels were determined by psychoacoustic method. The speech perception battery tests were performed after six months of continual use of device, without lip-reading or gestures. The individuals were divided in two groups: Group “NRT present” and Group “NRT absent”. The average of speech perception tests results were compared between groups using the non-parametric Mann-Whitney U test, Exact Fisher's test and Chi-square test. **RESULTS:** In NRT absent group the prevalence of post meningitis hearing loss was 48% and in NRT present group of 13.9% ($p < 0.001$). The results showed strong association between the absence of ECAP and lower performance in speech recognition sentence test. In these results, the average of subjects whose potential were absent was significantly lower than the ones with ECAP present by intraoperative NRT, regardless the hearing loss etiology ($p = 0.002$). **CONCLUSION:** The ECAP absence in cochlear implant users suggests poor neural conduction under electrical stimulus. The post meningitis hearing loss was associated to the absence of potential and poor performance in the speech recognition tests. However, the presence of reproducible ECAP waves was associated to a better performance in processing speech stimulus and suggests a good prognosis with the cochlear implant device.

Descriptors: Cochlear implantation; Telemetry; Evoked potentials, auditory; Speech perception.

1. Introdução

O implante coclear é, atualmente, o dispositivo capaz de restaurar funcionalmente o sistema sensorial auditivo. Este sistema inclui a prótese implantável de orelha interna e os seus componentes externos (processador de fala, microfone e antena transmissora). Primeiro, o equipamento recebe os sinais acústicos captados pelo microfone e os envia para o processador de fala. O processador analisa e processa a informação, digitalizando-a de acordo com os parâmetros e estratégia de codificação de fala programada para a conversão em estímulos elétricos. Depois, a antena transmite esse sinal para o receptor interno através de radiofrequência. Por fim, o implante decodifica a informação e libera os pulsos de estimulação elétrica ao feixe de eletrodos inserido na cóclea (Bento et al., 2004).

A quantidade de corrente elétrica necessária para desencadear uma sensação auditiva é diferente para cada indivíduo e para cada canal de estimulação, pois cada um necessita de parâmetros de estimulação elétricos muito específicos e únicos. Por isso, o processador de fala de cada usuário deve ser ajustado individualmente, processo este chamado “programação” ou “mapeamento” no qual são utilizados programas especializados para a obtenção dos níveis psicofísicos mais adequados.

Apesar de garantir a detecção de sons, mesmo em fraca intensidade e em todas as frequências, clinicamente observamos diferenças significantes entre os

indivíduos implantados no que se refere ao desempenho em testes de percepção de fala.

Assim, o desempenho do usuário pode também estar relacionado não só com a quantidade de informação detectada, mas com a maneira pela qual ela será processada e transmitida eletricamente ao sistema auditivo central e, depois, adequadamente decodificada pelo mesmo.

O Potencial de Ação Composto Evocado Eletricamente (PACEE) é a medida da atividade sincrônica das fibras do nervo auditivo eliciadas pela estimulação do implante coclear e corresponde à onda I do potencial evocado auditivo de tronco encefálico (PEATE). Como os demais potenciais evocados, quanto maior o número de neurônios recrutados na geração do campo elétrico, maior deve ser a amplitude do potencial. Conseqüentemente, a adequada condução e a presença de melhores propriedades neurais poderiam influenciar o desempenho para processar os estímulos de fala (Gantz et al., 1994). Assim, o registro e o estudo dessas medidas podem contribuir no conhecimento da transmissão do estímulo elétrico proporcionado pelo implante coclear.

Em pacientes surdos, o PACEE pode ser pesquisado durante a cirurgia para a colocação de determinados modelos de implante coclear e captado diretamente do interior da cóclea, logo após a inserção do feixe de eletrodos. O potencial é registrado utilizando os eletrodos do implante como geradores do estímulo e gravadores da resposta, por meio de um programa específico e um sistema de Telemetria de Resposta Neural (TRN).

Para que seja possível o registro do PACEE pelo sistema de TRN, é necessário um computador com o programa instalado, além de uma interface de programação conectada ao processador de fala modelo Cochlear SPrint® (Figura 1).

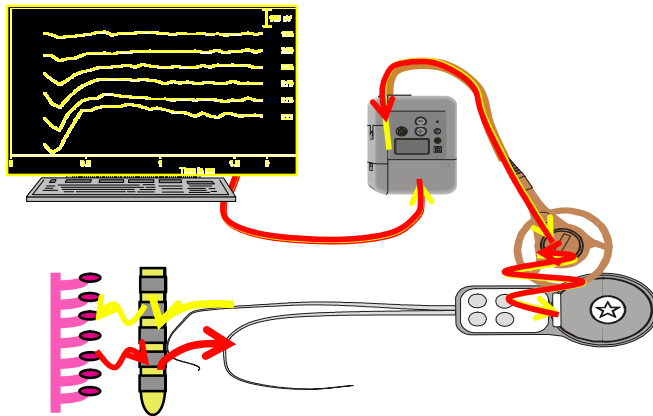


Figura 1 – Telemetria de Resposta Neural (TRN): Equipamento e trajeto do estímulo elétrico enviado aos eletrodos e registro das respostas do nervo auditivo.

O PACEE ocorre imediatamente após a apresentação do estímulo e não sofre interferência da maturação do sistema nervoso auditivo central. A sua morfologia consiste em uma onda típica com um primeiro pico negativo (N1), com latência entre 0,2 e 0,4 ms, seguido de um pico positivo (P1). A amplitude desta resposta (medida de N1 a P1) pode variar de acordo com o nível de estimulação apresentado. A quantidade de corrente que primeiramente induz uma sensação auditiva é considerada o limiar para a estimulação elétrica (pTRN).

O limiar objetivo corresponde à intensidade mínima de corrente elétrica que desencadeia a despolarização e, conseqüentemente a geração de um PACEE. Este valor pode ser estabelecido visualmente ao se observar um potencial com amplitude

de $20\mu\text{V}$. Porém, o limiar pode ser também estimado pelo próprio programa através da análise da função linear da curva de crescimento de amplitude (Figura 2).

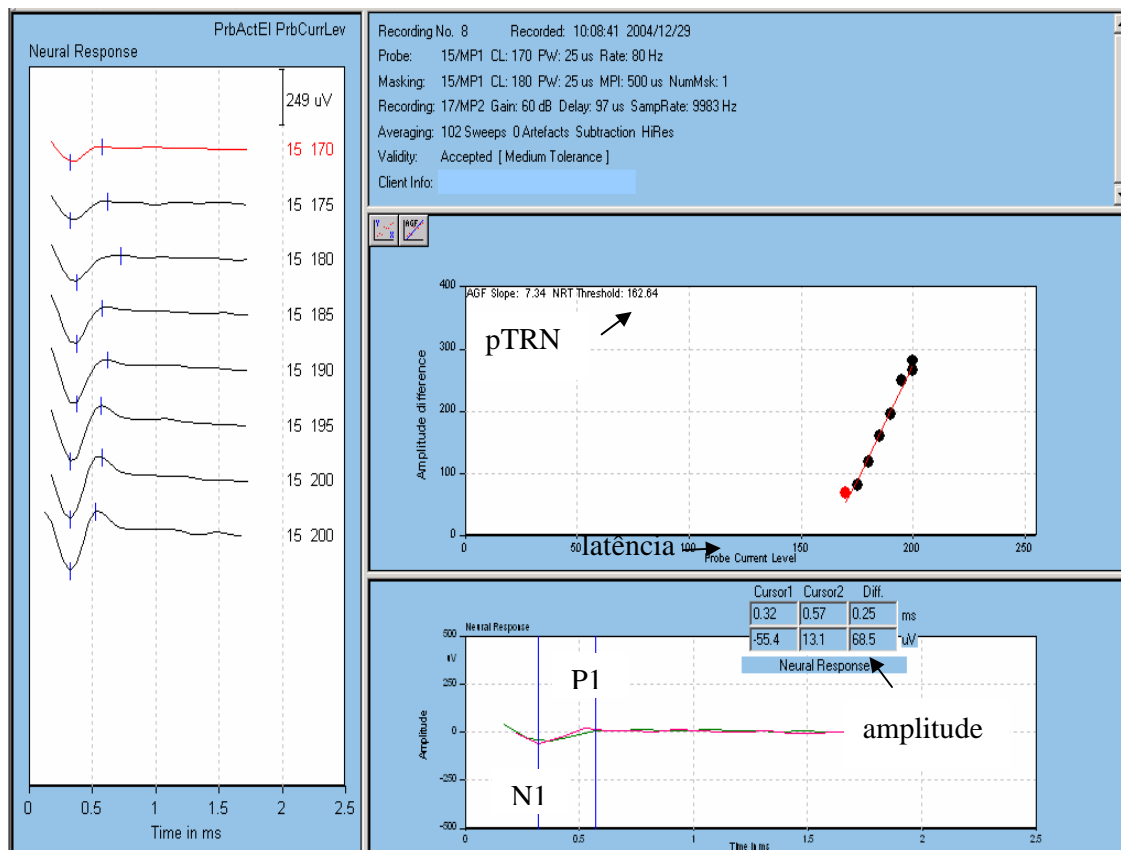


Figura 2 – Características do potencial neural: latência, amplitude e pTRN a partir da curva de crescimento de amplitude.

No sistema de implante coclear N24 os níveis de estimulação são expressos em “nível de corrente” (NC). Quando o NC é utilizado, a largura do pulso para um determinado eletrodo é fixa e apenas a sua amplitude é variável. O nível de corrente é expresso em unidades numéricas arbitrárias que variam de 0 a 255 e correspondem a um determinado nível real de corrente elétrica em micro-Ampères (μA), com crescimento de amplitude em escala logarítmica. O quadro 1 mostra a

correspondência estimada entre os valores em μA e NC no sistema de implante Cochlear N24 (Cochlear, 1999).

Quadro 1 – Correspondência aproximada entre os valores de corrente elétrica em micro Ampères e em nível de corrente, unidade usada pelo sistema de implante coclear N24® (Tanamati, 2006).

Nível de Corrente Elétrica (micro Ampères - μA)	Nível de Corrente (unidade do sistema N24 - NC)
25 μA	45
50 μA	79
100 μA	114
200 μA	148
300 μA	168
400 μA	182
500 μA	193
600 μA	202
700 μA	210
800 μA	216
900 μA	222
1000 μA	227
1250 μA	238
1500 μA	247
1750 μA	255

As vantagens da pesquisa da TRN intra-operatória incluem a possibilidade de checar a integridade do feixe de eletrodos imediatamente após a sua inserção na cóclea e de estudar as respostas neurais em diferentes regiões tonotópicas. Além disso, a pesquisa do potencial pode ser realizada com níveis de corrente elétricas mais fortes, sem provocar desconforto aos pacientes, já que os mesmos encontram-se sob efeito da sedação com anestesia geral (Gordon et al., 2002; Guedes et al., 2003; Guedes et al., 2005).

A TRN tornou-se uma ferramenta importante não só para confirmar a integridade do dispositivo, mas também para determinar objetivamente quais eletrodos podem ser incluídos no mapa e quais os melhores níveis de estimulação a serem programados. A pesquisa das respostas neurais pode ser realizada desde a cirurgia até os retornos pós-operatórios e acompanhamentos.

De acordo com Abbas et al. (2000), o conhecimento sobre as propriedades e reações específicas do nervo auditivo à estimulação do implante é fundamental para o gerenciamento adequado do dispositivo e dos níveis de corrente elétrica programados. Contudo, em alguns indivíduos, a pesquisa da TRN mostra ausência do PACEE na condição intra-operatória, que pode persistir mesmo após alguns meses de estimulação. Como consequência, o mapeamento torna-se dependente exclusivamente das respostas comportamentais do indivíduo. Isso pode levar à dificuldade no estabelecimento dos parâmetros e níveis de correntes mais adequados naqueles pacientes que são inábeis para referir o limiar auditivo e a sensação de crescimento de intensidade, especialmente no caso de crianças.

A pesquisa de medidas objetivas em usuários de implante coclear pode auxiliar na avaliação da funcionalidade do sistema, no estudo sobre os elementos neurais sobreviventes e condução do estímulo elétrico, no acompanhamento longitudinal da integridade funcional das vias auditivas e, possivelmente, na indicação do desempenho pós-cirúrgico (Ferrari, 2003).

A obtenção de dados relacionados à permeabilidade do nervo coclear à estimulação elétrica e a maneira com a qual alguns parâmetros de estimulação elétrica interagem com as estruturas neurais sobreviventes ainda constituem um desafio. A análise das características da resposta neural, através da pesquisa da TNR, poderia ser útil no conhecimento sobre a funcionalidade do nervo auditivo e estruturas neurais sobreviventes. Isto se dá porque a magnitude do potencial está relacionada à densidade dos neurônios que respondem ao estímulo, como também os aspectos temporais que podem estar relacionados à capacidade e qualidade da transmissão da informação (Lai e Dillier, 2000).

O grau de sobrevivência neural pode ser considerado como um fator importante para a habilidade em processar os estímulos de fala. Dessa forma, a determinação mais precisa de estruturas neurais eletricamente estimuláveis seria de grande utilidade, já que se supõe que a sobrevivência de células ganglionares e outros elementos da via auditiva central possam ser uma das causas para a variabilidade com relação ao desempenho de reconhecimento da fala encontrada entre os indivíduos implantados (Ferrari, 2003).

Como os fatores que influenciam no desempenho auditivo com o implante coclear ainda não estão totalmente determinados, o estudo do potencial evocado através da TRN pode ser de grande valia na tentativa de aumentar o conhecimento sobre os mecanismos envolvidos na percepção da fala diante da estimulação elétrica.

2. Objetivo

1. Identificar os possíveis fatores associados à ausência do PACEE na condição intra-operatória pesquisado pela TRN.

2. Avaliar a repercussão da ausência de resposta neural no desempenho em testes de reconhecimento de fala após seis meses de uso contínuo do implante coclear.

3. Revisão da Literatura

3.1. Potencial de ação composto evocado eletricamente (PACEE): características e registro pelo sistema de telemetria neural (TRN).

A técnica de mensuração do PACEE, em usuários de implante coclear, começou a ser estudada por Brown et. al em 1990. Nesta época, os primeiros registros em seres humanos foram pesquisados em usuários do implante percutâneo INERAID no qual, os seis eletrodos intracocleares, foram divididos e selecionados como eletrodos de estimulação ou de registro e gravação da resposta. Contudo, a validação do sistema de TRN só ocorreu em 1994 e, em 1995. Liderados pelo Dr. Norbert Dillier, um grupo de pesquisadores de Zurique iniciou o projeto de criação do maquinário (*hardware*) e do programa (*software*) para uso experimental, clínico e cirúrgico. O primeiro registro bem sucedido em humanos aconteceu em 30 de agosto de 1996, com um usuário do modelo Nucleus 24M (Tanamati, 2006).

A utilização de eletrodos intra-cocleares para o registro do potencial resulta em respostas com amplitudes grandes. Tem como desvantagem o fato de o artefato elétrico, registrado concomitantemente, ser maior do que a resposta neural. Desta forma, a separação do PACEE do artefato é imprescindível (Abbas e Brown, 2000).

Lai, em 1999, foi pioneiro em descrever o método pelo qual o PACEE é gerado e gravado pelo software de TRN para Nucleus 24 (*Neural Response Telemetry Software V 1.0 β* ® - Cochlear Co.). A técnica utiliza as propriedades refratárias no nervo auditivo, envolvendo dois estímulos consecutivos, no qual a amplitude da resposta do segundo pulso pode ser subtraída da amplitude obtida com o primeiro pulso. Neste método, que ficou denominado de “método da subtração”, é apresentado um estímulo bifásico em um par de eletrodos selecionados, seguido de um intervalo sem registro, para evitar a saturação do amplificador originado pelo artefato neural, seguindo a seqüência:

Apresentação do tom de prova (A), seguidos do tom de prova com mascaramento (B). Posteriormente, apresenta-se apenas o mascaramento (C) e, em seguida, o amplificador é ligado sem nenhum tom apresentado, para registrar possíveis artefatos (D). O sistema sobrepõe esses registros, resultando no paradigma A-(B-(C-D)) como mostra a Figura 3:

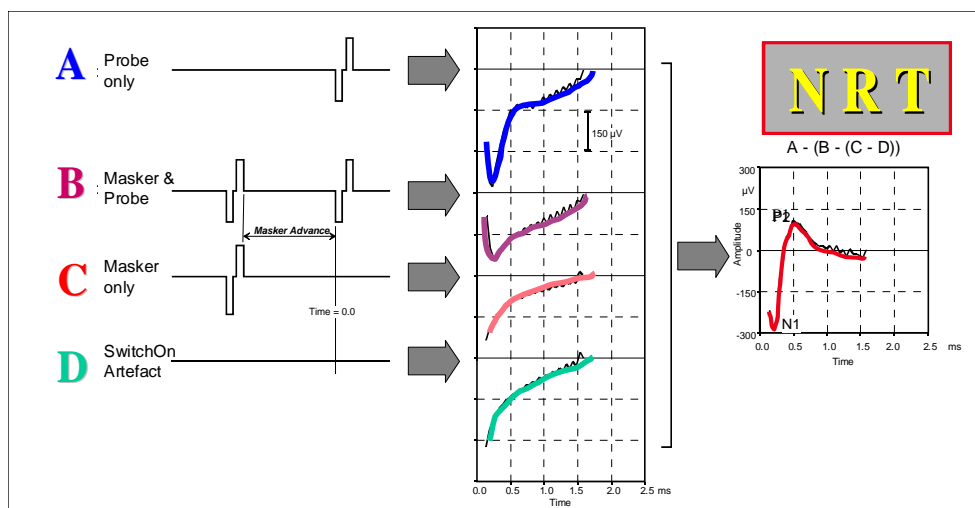


Figura 3 – Paradigma da subtração: A – (B – (C – D)), descrito por Lai (1999).

O método da subtração é conhecido por eliminar melhor o artefato à medida que as fibras do nervo estão no seu período refratário, enquanto o tom de prova é apresentado junto com o mascaramento. Nesta técnica, é importante que o intervalo entre o estímulo e o mascarador (intervalo entre pulso – IEP) seja suficiente para permitir que as fibras nervosas estejam no período refratário quando o tom de prova for apresentado. Se o IEP for insuficiente, a amplitude da resposta neural será menor do que a sua amplitude real (Lai, 1999; Abbas et al., 1999; Dillier et al., 2002).

Guedes et al. (2003), mostram que a variabilidade nos limiares elétricos dos eletrodos 20, 15, 10 e 5 num mesmo sujeito é muito pequena e a média dos limiares para todos os sujeitos fica em torno de 190 níveis de corrente (DP = 13,1). A latência do pico N1 é a característica mais constante, estando entre 0,32 e 0,34 ms, independentemente da etiologia ou do tempo de surdez.

Abbas et al. (1999) manipularam diversos parâmetros durante a estimulação de 26 indivíduos, com o método da subtração, a fim de pesquisar como a mudança dos mesmos poderia afetar a morfologia do potencial. Todos os sujeitos participantes do estudo apresentavam surdez pós-lingual, inserção completa dos eletrodos e sem complicações pós-cirúrgicas. Os parâmetros estudados foram: nível de corrente elétrica, nível do mascaramento, o intervalo entre pulso (IEP), o atraso do acionamento do amplificador (*delay*), eletrodo de registro e ganho do amplificador. Os autores observaram que a morfologia da onda apresenta-se sempre bifásica, com um pico negativo seguido de um pico positivo e que a latência não é afetada com o aumento da intensidade do estímulo. Em relação ao nível do tom mascarador, o uso

de uma intensidade fixa resulta em ondas com amplitudes maiores e limiares mais baixos. Apesar da variação de resposta entre os sujeitos, no geral, as maiores amplitudes de respostas são registradas quando o IEP é fixado entre 300 e 500 μ s. Não é possível o registro de respostas com o acionamento do amplificador inferior a 40 μ s e, para valores superiores a 150 μ s, o pico negativo encontra-se ausente. Quanto ao efeito do eletrodo de registro, as melhores amplitudes ocorrem quando o eletrodo de registro escolhido apresentava a distância de duas ou três posições em relação ao eletrodo de estimulação. Por fim, o último parâmetro avaliado foi o ganho do amplificador. Na maioria dos casos a melhor resposta é obtida com o ganho de 60 dB. Respostas medidas usando um ganho de 40 dB resultam em maior artefato e necessidade de um número maior de pro - mediações.

Abbas et al. (2000) compararam o registro de respostas na TRN obtidas com duas técnicas diferentes de gravação e registro: pelo método da subtração e pelo método direto. No método direto, é realizada a simples subtração (A – D) e por isso necessita de um número bem menor de apresentação dos estímulos. Para o registro da curva de crescimento de amplitude, o IEP é fixado em 500 μ s. A morfologia das ondas é similar em ambas as técnicas. Contudo pelo método direto fica mais difícil separar os artefatos das respostas em alguns sujeitos, o que, para os autores, validou e confirmou a utilização do método de subtração como o melhor método de escolha, uma vez que este último demonstra maior sucesso na pesquisa da TRN de todos os indivíduos (n = 49).

De modo semelhante, Dillier et al. (2002) realizaram um estudo multicêntrico na Europa com a intenção de validar a técnica para medir o PACEE através da TRN. Trinta e oito adultos usuários do implante coclear N24, que apresentavam pelo menos 18 eletrodos inseridos na cóclea, foram avaliados com a versão 1.04 do programa de telemetria. A pesquisa foi realizada em eletrodos que representassem diferentes regiões tonotópicas da cóclea (20, 15, 10, 5 e 1). A prevalência de respostas foi de 81,6 %. A diferença na frequência de estimulação (35 Hz e 80 Hz) não modifica as características do potencial, porém o desconforto com a intensidade é menor quando a frequência da estimulação é mais baixa. Os autores observaram que o aumento do tempo para o acionamento do amplificador reduz os artefatos e a saturação das ondas, porém se for muito longo, o pico N1 tende a desaparecer. Dessa forma, os parâmetros de estimulação não afetam a capacidade de registro na TRN em usuários de implante coclear, mas a otimização destes parâmetros é fundamental para a obtenção adequada e boa reprodutibilidade das respostas. As respostas ausentes podem estar relacionada aos parâmetros que não são suficientemente otimizados, impedâncias excessivamente altas nos eletrodos de estimulação ou de gravação, apresentação do tom de prova em intensidade insuficiente para eliciar a resposta neural, além de fatores fisiológicos como a etiologia da perda de audição e o estado geral da via auditiva.

Guedes et al. (2005), em estudo piloto com 54 usuários do implante coclear N24, encontraram prevalência das respostas de TRN intra-operatórias em 80 % dos pacientes avaliados. A análise por eletrodos mostra maior prevalência nos eletrodos apicais (76 %) do que nos mediais e basais (74 %), porém sem diferença estatística

significante. Dos 10 indivíduos com respostas ausentes em todos os eletrodos, 06 apresentavam etiologia de surdez por meningite. Os autores sugerem que a etiologia e o grau de sobrevivência da população neural podem ser fatores determinantes na presença do potencial de ação neural.

3.2. Uso das medidas objetivas em usuários de implante coclear.

Schallop et al. (1999) descreveram a aplicação e a metodologia para obtenção do PACEE pelo método de TRN no momento intra-operatório. Participaram do estudo, 14 crianças e 14 adultos usuários do sistema de implante coclear N24. O protocolo de pesquisa intra-operatória inclui: teste de funcionamento da unidade interna do implante em solução salina antes da inserção na cóclea; repetição do teste de impedâncias após a inserção; medida visual do limiar elétrico do reflexo acústico (LERA), obtenção da TRN e medida dos limiares elétricos através da função da curva de crescimento de amplitude em pelo menos 4 eletrodos. A grande vantagem da pesquisa da TRN intra-operatória é a possibilidade de uso de níveis de corrente entre 195 e 240, demasiadamente forte para a maioria dos indivíduos quando acordados, já que o paciente encontra-se anestesiado. Por fim, relatam as experiências nos quais os valores encontrados pela função da curva de crescimento de amplitude (pTRN) puderam ser utilizados como base para a escolha dos níveis de mapeamento em crianças pequenas, facilitando a adaptação do implante coclear. Dessa maneira, concluem que a TRN é um método de fácil aplicação durante a

cirurgia e, se utilizada junto com os limiares do LERA, pode auxiliar na predição dos melhores parâmetros para o mapeamento

Por representar uma intensidade acima do limiar subjetivo e certamente audível, os limiares do PACEE podem ser utilizados nos casos de pacientes que não conseguem determinar com precisão os níveis mínimos e máximos de corrente elétrica necessários para a programação dos eletrodos por meio do método comportamental. Dessa forma, o limiar obtido através de medidas objetivas passou a ser pesquisado com o intuito de prever os níveis mais adequados para o mapeamento; especialmente no caso de bebês e crianças pequenas ou de indivíduos com dificuldades em referir consistentemente à percepção do som (Gordon et al., 2002; Ferrari, 2003; Guedes et al., 2003; Gordon et al., 2004; Dees et al., 2005; Guedes et al., 2005).

A maioria dos estudos encontra uma correlação fraca entre os limiares do PACEE, os níveis mínimos de resposta subjetiva (denominado “T” pelo programa de mapeamento) e os níveis de maior conforto (denominado de nível “C”), $r = 0,547$ e $r = 0,565$, respectivamente. Assim, novos métodos foram desenvolvidos para a previsão dos níveis de estimulação de todos os eletrodos baseado nas respostas objetivas da TRN associadas à resposta comportamental em pelo menos um eletrodo, o que aumenta esta correlação para $r = 0,83$ (nível T) e $r = 0,77$ (nível C) (Brown et al., 2000; Ferrari, 2003; Gordon et al., 2004).

Para Hughes et al. (2000) os limiares obtidos com a TRN representam cerca de 53 % do campo dinâmico de crianças usuárias da estratégia de codificação de fala

SPEAK®. As pesquisas das respostas objetivas do nervo auditivo através da estimulação elétrica em usuários do implante N24 mostram pouca variabilidade entre eletrodos adjacentes e apenas um leve aumento dos limiares nos eletrodos basais, seguindo a configuração do mapa obtido pelo método comportamental.

Gordon et al. (2002) mostram que os limiares do PACEE encontrava-se em 58 %, 61 % e 71 % do campo dinâmico elétrico nos eletrodos basais, mediais e apicais, respectivamente. Os autores alertam, ainda, que os valores obtidos na pesquisa objetiva podem exceder os limiares de conforto dos pacientes nos primeiros meses de estimulação.

Em estudo longitudinal, Ferrari (2003) não encontra variação significativa no pTRN durante o primeiro ano de uso.

As medidas da TRN podem ser utilizadas clinicamente na predição dos níveis elétricos a serem programados em crianças pequenas. Em pacientes adultos, os limiares do PACEE aproximam-se dos níveis máximos de conforto (níveis “C”) obtidos pelo método psicoacústico, excedendo esse valor em alguns casos especialmente nos eletrodos basais (Smoorenburg et al., 2003).

Dees et al. (2005) encontram, em estudo multicêntrico com 147 implantados, grande variabilidade inter e intra-individual entre os eletrodos pesquisados. A prevalência de respostas é de 96 %. Os autores observam que o limiar elétrico do PACEE (pTRN) e a latência do pico N1 é menor, ao mesmo tempo que e a

morfologia é melhor, nos eletrodos apicais. Tal achado pode indicar diferentes populações neurais ao longo da cóclea. A correlação direta é fraca entre os limiares objetivos e os níveis T e C ($r = 0,5$ e $0,6$). O tempo de surdez, a etiologia da surdez e o sexo não apresentam efeito significativo nas características do PACEE.

3.3. Relação entre medidas do potencial de ação do nervo auditivo, sobrevivência neural e indicadores de desempenho.

Miura et al. (2002) avaliaram 63 ossos temporais de 43 indivíduos divididos em cinco grupos: controle (sem evidência de patologia ou anomalias da orelha interna), indivíduos com infecções congênitas (como rubéola e citomegalovirose), aberrações cromossômicas, alterações hereditárias ou genéticas e o último grupo de indivíduos com história de asfixia peri ou pós-natal. Os achados mostram que o aumento da idade não influencia significativamente na diminuição do número de células no gânglio espiral nos 10 primeiros anos de vida, sendo que nos casos de surdez profunda ele é 40% menor. No grupo dois o número de células é ainda menor que nos demais grupos de patologias da orelha interna. A surdez consequente de alterações ou processos infecciosos pode resultar em uma diminuição maior de células ganglionares em relação às outras etiologias. Por fim, os autores enfatizam que a simples observação de células do gânglio espiral ao microscópio não garante uma fisiologia normal e a funcionalidade de todo o sistema.

Wellman et al. (2003) observou em ossos temporais que a perda auditiva causada pela meningite revela ossificação labiríntica, diminuição no número de neurônios do gânglio espiral e envolvimento das fibras do nervo auditivo.

Hall (1990) observou que havia importante correlação entre o número de células ganglionares sobreviventes e a amplitude do PACEE em ratos ($r = 0,81$).

Assim, o autor supõe que indivíduos com maior número de células ganglionares funcionais sobreviventes podem mostrar maiores potenciais de ação. Isto ocorre porque um número maior de neurônios estaria apto para ser recrutado em resposta ao estímulo elétrico. Hipoteticamente, isto pode favorecer uma melhor seletividade pelo fato de mais fibras estarem sendo estimuladas, acentuando a capacidade de transmissão da informação temporal e espectral, auxiliando, então, no reconhecimento da fala.

Shepherd e Javel (1997) verificaram a ausência do PACEE em gatos com extensa lesão coclear. Nesses animais, apenas estão presentes as ondas III e IV do PEATE, sugerindo que a onda mais precoce pode ser utilizada com um indicador de sobrevivência das células do gânglio espiral.

Um dos estudos pioneiros em humanos usuários de implante coclear foi o de Gantz et al. (1994). Os autores pesquisaram o PACEE na condição intra-operatória em dois grupos de crianças com surdez profunda pré-lingual, um com etiologia congênita (n = 14) e outro com surdez por meningite (n = 5) e ainda em um grupo de adultos pós-linguais (n = 13). Encontraram resultados semelhantes em relação às características do PACEE em todos os grupos. Contudo, as crianças com surdez por meningite tendem a apresentar tempo de recuperação neural mais tardio.

Zwolen et al. (1993), em pesquisa com usuários do implante percutâneo Ineraid, encontram correlação entre a recuperação neural mais rápida e o melhor desempenho em testes de fala. No mesmo ano, Gantz et al. (1993) descreve que as

crianças com perda de audição congênita apresentam melhores resultados de percepção de fala quando comparadas às crianças com surdez pós-meningite (n = 31).

Estudando a morfologia e a amplitude do PEATE, Jiang (1999) observa que 12,9 % das crianças que haviam tido meningite apresentam sinais sugestivos de alteração central, como a redução da onda V. Outras 8,2 % crianças apresentam anormalidades na latência e diminuição da amplitude quando a velocidade de estimulação é aumentada. Dessa forma, o autor sugere que o PEATE é uma boa maneira de estudar os mecanismos de condução neural e que certas etiologias, como a meningite, por exemplo, pode resultar em disfunções da via auditiva central, mesmo na presença de limiares auditivos de detecção normais.

Blamey et al. (1996) percebem em seus pacientes usuários de implante coclear um pior desempenho nos testes de reconhecimento de sentenças em formato aberto em pacientes com surdez pós-meningite. Levantam a hipótese que este grupo teria uma menor população de células no gânglio espiral devido às características da lesão no sistema auditivo que ocorrem após a meningite e que o tempo de surdez seria fundamental para essa degeneração.

Nikolopoulos et al. (1999) constataam que as crianças com surdez após meningite apresentam menor incidência, menores amplitudes e maior latência do potencial auditivo evocado em comparação com crianças com surdez congênita.

Assim, os autores sugerem que nos casos de meningite o número de neurônios funcionais poderia ser menor.

Kiefer et al. (2001) avaliara o desempenho em testes de reconhecimento de fala com 11 indivíduos pós-linguais usuários do implante coclear N24 e comparam os resultados com as características do PACEE de cada um obtido pela TRN. O potencial é observado em nove dos 11 sujeitos. Porém, somente sete apresentam respostas em todos os eletrodos. A análise da correlação entre o limiar do potencial e o valor de inclinação da curva de crescimento de amplitude não mostra correlações significantes entre o pTRN e o desempenho nos testes de reconhecimento de fala. Entretanto, a pesquisa do tempo de recuperação neural mostra associação com melhores níveis de reconhecimento de fala, independente dos parâmetros utilizados no mapeamento.

El-Kashlan et al. (2003), em estudos sobre a etiologia, não encontram diferenças significativas entre a performance auditiva do o implante coclear de crianças com surdez por meningite e crianças com surdez por outras etiologias. Entretanto, relatam uma demora maior no desenvolvimento da linguagem, no caso de crianças que tem surdez por meningite. Lehnhardt e Aschendorff (1993) descrevem que indivíduos com surdez pós-meningite apresentam metade da chance de reconhecer a fala encadeada sem apoio da leitura orofacial.

4. Casuística e Método

Estudo Clínico longitudinal retrospectivo realizado na Disciplina da Otorrinolaringologia da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, entre Janeiro de 2003 e Janeiro de 2006.

A pesquisa seguiu as orientações do comitê de ética local com a aprovação da Comissão de Ética para Análise de Projetos de Pesquisa – CAPPesq da Diretoria Clínica do HCFMUSP (protocolo 633/04).

4.1. Casuística.

Critérios de Seleção:

Foram coletados dados de prontuários de todos os 100 pacientes submetidos à cirurgia de implante coclear e usuários do dispositivo multicanal Nucleus®24 (Cochlear Ltd, Lane Cove – Austrália) operados no período de janeiro de 2003 e janeiro de 2006.

Destes, 82 indivíduos receberam o modelo com feixe de eletrodos reto Nucleus 24K (CI24RST), sete foram implantados com o modelo de cadeia pré-

curvada Nucleus 24 Contour (CI24RCS) e os demais 11 indivíduos receberam o modelo de feixe duplo Nucleus 24 Double Array, específico para cócleas obliteradas (CI 11+11+2M).

Critérios de Exclusão:

Foram excluídos do estudo: dados de três indivíduos cujos exames de imagem pós-operatórios evidenciaram inserção parcial da cadeia de eletrodos ou alterações nas impedâncias dos eletrodos, casos com suspeita ou o diagnóstico de neuropatia auditiva e indivíduos que não utilizaram o implante coclear de modo sistemático (pelo menos oito horas por dia durante seis meses consecutivos).

O grupo final foi composto por 55 indivíduos com surdez pré-lingual (crianças com idade variando de um até 12 anos) e 42 indivíduos com surdez pós-lingual (adultos). As tabelas 1 e 2 resumem os dados demográficos dos 97 indivíduos que permaneceram no estudo.

Tabela 1 – Dados demográficos e referentes à perda auditiva para os 97 pacientes selecionados para análise. Dados expressos em n (%) e / ou média \pm desvio padrão

Sexo Masculino	46 (47, 4 %)
Feminino	51 (52, 6 %)
Idade na Cirurgia (anos)	20,9 \pm 19,8
< 2	3 (3, 1 %)
2 – 5	31 (32, 0 %)
6 – 11	17 (17, 5 %)
12 – 20	7 (7, 2 %)
= 21	39 (40, 2 %)
Época de instalação da surdez	
Pré-lingual	55 (56, 7 %)
Pós-lingual	42 (43, 3 %)
Forma de instalação da surdez	
Congênita	45 (46, 4 %)
Súbita	31 (32, 0 %)
Progressiva	21 (21, 6 %)
Tempo de surdez (anos)	8,5 \pm 8,5
< 5	45 (46, 4 %)
5 – 9	24 (24, 7 %)
10 – 14	11 (11, 3 %)
= 15	17 (17, 5 %)

Tabela 2: Etiologia da surdez nos 97 pacientes selecionados para análise.

Etiologia	n (%)
Desconhecida	39 (40, 2 %)
Meningite	22 (22, 7 %)
Infecciosa ^a	7 (7, 2 %)
Genética não sindrômica ^b	5 (5, 2 %)
Ototoxicidade	5 (5, 2 %)
Trauma	4 (4, 1 %)
Síndrome de Usher	3 (3, 1 %)
Anóxia Perinatal	3 (3, 1 %)
Otosclerose	3 (3, 1 %)
Aqueduto Vestibular Alargado	2 (2, 1 %)
Malformação de Orelha Interna ^c	2 (2, 1 %)
Síndrome de Waardenburg	1 (1, 0 %)
Doença de Menière	1 (1, 0 %)
Total	97 (100, 0 %)

^aRubéola congênita (n = 2), toxoplasmose gestacional (n = 1), citomegalovirose congênita / neonatal (n = 3) ou caxumba (n = 1)

^bMutação da conexina 26 (n = 3) e herança autossômica não identificada (n = 2)

^cDisplasia de Mondini (n = 1) ou Hipoplasia Coclear (n = 1)

4.2. Medidas do PACEE e parâmetros de gravação da TRN.

Para a pesquisa do potencial foi utilizado o programa NRT 3.1 (*Cochlear Co.*) instalado em um microcomputador acoplado à interface de programação portátil e a um processador de fala modelo SPrint[®] (*Cochlear Co.*).

A TRN foi pesquisada nos eletrodos 20, 15, 10, 5 e 3. Os parâmetros para obtenção do potencial de ação através da TRN utilizados seguiram a proposta de Abbas et al. (1999). Uma série de otimização do atraso do acionamento do amplificador (*delay*) e do ganho do amplificador foi gravada para cada um destes eletrodos e somente os registros com boa reprodutibilidade, observados na escala de baixa resolução (parâmetro *low resolution* selecionado no programa), foram utilizados para a gravação da série de amplitude. Para a determinação do limiar em cada eletrodo selecionado, o intervalo entre pulso utilizado foi fixado em 500 μ s e a frequência de estimulação foi de 80 Hz com séries de 25 μ s de largura de pulso. O número de apresentações variou entre 100 e 200 pulsos por segundo para ganhos do amplificador em, respectivamente, 60 e 40 dB. A janela para a gravação variou de 50 a 150 μ s de acordo com a otimização de cada eletrodo. O nível de corrente do ruído mascarador foi fixado em 10 unidades acima do nível de estimulação.

Uma vez determinados estes parâmetros, foi habilitado no programa o cálculo da regressão linear da curva de crescimento de amplitude para a determinação do

limiar elétrico de cada eletrodo (pTRN), cuja a intensidade de corrente elétrica foi expressa em valores NC, variando de 1 a 255.

A ausência da resposta neural foi estabelecida quando nenhum registro de onda com reprodutibilidade foi encontrado, mesmo pesquisando-se todas as séries de otimização nos eletrodos selecionados. Dessa forma, se houvesse resposta em pelo menos um dos eletrodos permitisse a pesquisa do pTRN, o resultado seria considerado como presente.

4.3. Programação do Processador de Fala.

Todos os pacientes tiveram os processadores de fala ativados entre 30 e 40 dias após a cirurgia. Em todos os casos, os parâmetros do primeiro mapeamento foram os mesmos de acordo com a recomendação do fabricante: estratégia de codificação de fala avançada (denominada ACE – *advanced combination encoder*), modo de estimulação MP1+2, frequência de estimulação de 900 pulsos por segundo por canal (pps/c) e oito máximas.

Independente das respostas intra-operatórias da TRN, os níveis de corrente utilizados na programação foram determinados pelo método psicoacústico (comportamental) – tanto nos adultos como nas crianças. Nos retornos, os limiares de audibilidade em campo livre foram avaliados com a finalidade de confirmar a

adequação da programação, permitindo assim a percepção da fala em todas as frequências, mesmo em fraca intensidade.

O programa utilizado para o mapeamento foi Nucleus R126 (Cochlear Co.).

4.4. Avaliação do Reconhecimento de Fala após o Implante Coclear.

4.4.1 Testes

Para a avaliação da percepção de fala das crianças com surdez pré-lingual foram aplicados os testes TACAM – Teste de Avaliação da Capacidade Auditiva Mínima e a adaptação para a Língua Portuguesa do teste GASP - *Glendonald Auditory Screening Procedure*, de acordo com a idade de cada paciente (Bevilacqua e Tech, 1996; Orlandi e Bevilacqua, 1998; Lopes et al., 2000). Os resultados, em ambos os testes, foram classificados de acordo com as sete categorias de percepção de fala descrita por Geers (1994) - (quadro 2).

Quadro 2: Categorias de percepção de fala, conforme Geers (1994).

-
- 0 Não é capaz de detectar a fala.
 - 1 Detecção de fala, porém sem diferenciar os estímulos em seus aspectos supra-segmentais.
 - 2 Padrão de percepção (capaz de diferenciar as palavras pelos traços supra-segmentais).
 - 3 Iniciando a identificação de palavras. Esta criança diferencia palavras, em conjunto fechado, com base na informação fonética (palavras que são idênticas na duração, mas contém diferenças espectrais múltiplas).
 - 4 Identificação de palavras por meio do reconhecimento da vogal. Esta criança diferencia as palavras, em conjunto fechado, que diferem primordialmente no som da vogal.
 - 5 Identificação de palavras por meio do reconhecimento da consoante (mão, pão, cão, chão).
 - 6 Reconhecimento de palavras em conjunto aberto. Esta criança é capaz de ouvir palavras fora do contexto e extrair bastante informação fonêmica, e reconhecer a palavra exclusivamente por meio da audição
-

Todos os adultos pós-linguais foram avaliados através do teste de reconhecimento de sentenças em formato aberto (Costa et al., 2000). os resultados são expressos em porcentagem.

Os testes fazem parte do Protocolo HCFMUSP (Gomez et al., 2004).

4.4.2 Condições de Teste

Os testes para a avaliação da percepção de fala foram realizados após seis meses de uso contínuo do implante coclear (no mínimo oito horas por dia). As

avaliações foram aplicadas à viva voz, com o paciente sentado a aproximadamente um metro e de frente para a avaliadora. Não houve o apoio da leitura orofacial devido à interposição de um bastidor de tecido acusticamente permeável na frente do rosto durante os estímulos verbais. Também não foi utilizado apoio de gestos ou Sinais.

4.5. Análise Estatística.

Os indivíduos foram divididos em dois grupos de acordo com a presença ou não do PACEE no teste de telemetria: Grupo TRN presente e Grupo TRN ausente.

Para a análise dos resultados, as crianças foram agrupadas de acordo as categorias de percepção de fala: categorias 0 a 3 e categorias 4 a 6. Nas categorias de 0-3 estão as crianças que, apesar do uso do implante, ainda não conseguem reconhecer a fala (apenas detectam o estímulo ou percebem as diferenças pelos traços supra-segmentais). Nas categorias 4-6 estão as crianças que já reconhecem a fala, diferenciando as palavras por meio das consoantes e vogais, sendo que algumas já o fazem em formato aberto

As variáveis categóricas sexo, etiologia da surdez, tipo de surdez (pré ou pós-lingual) e categoria de percepção de fala foram comparadas entre os grupos utilizando-se os testes Qui-quadrado e o Exato de Fisher. As variáveis quantitativas

como idade, tempo de surdez e percentual de reconhecimento de sentenças foram comparados entre os dois grupos, utilizando-se o teste não paramétrico U de Mann-Whitney.

Valores de p menores que 0,05 foram considerados estatisticamente significantes.

Os dados foram analisados através do programa *Statistical Package for Social Sciences* (SPSS® for Windows 10.0, SPSS Inc., Chicago, IL).

5. Resultados

Em 25 indivíduos (25,8 %), os resultados no teste de telemetria neural foram ausentes em todos os eletrodos testados. Neste grupo, a prevalência de surdez por meningite foi de 48 %, contrastando com a prevalência de apenas 13,9 % no grupo TRN presente ($p < 0,001$). Dessa forma, o risco relativo para um indivíduo com surdez pós-meningite não apresentar respostas neurais para o estímulo elétrico no intra-operatório foi 3,1 vezes o risco de um indivíduo com surdez por qualquer outra causa (tabela 3).

A prevalência de TRN intra-operatória para cada etiologia foi sumarizada na tabela 3. No presente estudo, somente a meningite esteve relacionada à ausência do PACEE, portanto, para os demais testes, a análise foi estratificada para esta variável.

Tabela 3 – Prevalências de presença e ausência de TRN de acordo com as etiologias da surdez. Dados expressos em n (%).

Etiologia da Surdez	TRN Intra-operatória		p [†]	RR (IC 95 %)
	Ausente (n = 25)	Presente (n = 72)		
Desconhecida	6 (24,0 %)	33 (45,8 %)	0,06	0,4 (0,2 – 1,0)
Meningite	12 (48,0 %)	10 (13,9 %)	< 0,001	3,1 (1,7 – 5,9)
Infecciosa ^a	0 (0,0 %)	7 (9,7 %)	0,19	-
Genética não sindrômica ^b	1 (4,0 %)	4 (5,6 %)	1,0	0,8 (0,1 – 4,6)
Ototoxicidade	2 (8,0 %)	3 (4,2 %)	0,6	1,6 (0,5 – 4,9)
Trauma	1 (4,0 %)	3 (4,2 %)	1,0	1,0 (0,2 – 5,4)
Síndrome de Usher	0 (0,0 %)	3 (4,2 %)	0,57	-
Anóxia Perinatal	1 (4,0 %)	2 (2,8 %)	1,0	1,3 (0,2 – 6,7)
Otosclerose	1 (4,0 %)	2 (2,8 %)	1,0	1,3 (0,2 – 6,7)
Aqueduto Vestibular Alargado	0 (0,0 %)	2 (2,8 %)	1,0	-
Malformação de Orelha				
Interna ^c	1 (4,0 %)	1 (1,4 %)	0,45	2,0 (0,5 – 8,2)
Síndrome de Waardenburg	0 (0,0 %)	1 (1,4 %)	1,0	-
Doença de Menière	0 (0,0 %)	1 (1,4 %)	1,0	-

^aRubéola congênita (n = 2), toxoplasmose gestacional (n = 1), citomegalovirose congênita / neonatal (n = 3) ou caxumba (n = 1)

^bMutação da conexina 26 (n = 3) e herança autossômica não identificada (n = 2)

^cDisplasia de Mondini (n = 1) ou Hipoplasia Coclear (n = 1)

[†]: Teste Exato de Fisher e Teste do Qui-quadrado.

RR (IC 95%): Risco Relativo e seu respectivo intervalo de confiança de 95 %.

Como apresentado na tabela 4, fatores como sexo, idade, tempo de surdez e tipo da surdez não estiveram associados de maneira estatisticamente significativa à presença ou ausência do potencial.

Tabela 4: Prevalência de presença e ausência de TRN intra-operatório, de acordo com dados demográficos relacionados à surdez, estratificado para a etiologia (meningite e outras causas) dos 97 pacientes estudados. Dados expressos como n (%) ou média ± desvio padrão.

	Etiologia					
	Meningite			Outras		
	(n = 22)			(n = 75)		
	TRN Intra-operatória		p	TRN Intra-operatória		p
Ausente	Presente	Ausente		Presente		
	(n = 12)	(n = 10)		(n = 13)	(n = 62)	
Sexo						
Masculino	6 (50,0 %)	8 (80,0 %)	0,2	5 (38,5 %)	27 (43,5 %)	0,9
Feminino	6 (50,0 %)	2 (20,0 %)		8 (61,5 %)	35 (56,5 %)	
Época da surdez						
Pré-lingual	4 (33,3 %)	5 (50,0 %)	0,67	7 (53,8 %)	39 (62,9 %)	0,76
Pós-lingual	9 (66,7 %)	5 (50,0 %)		6 (46,2 %)	23 (37,1 %)	
Tipo de instalação						
Congênita	0 (0,0 %)	0 (0,0 %)	-	7 (53,8 %)	38 (61,3 %)	1,0
Adquirida	12 (100 %)	10 (100 %)		6 (46,2 %)	24 (38,7 %)	
Idade na Cirurgia *	23,7 ± 15,1	23,2 ± 18,8	1,0	23,2 ± 22,2	19,5 ± 20,6	0,48
Tempo de surdez *	14,9 ± 13,1	13,8 ± 11,9	0,79	7,9 ± 6,6	6,6 ± 6,1	0,43

* em anos

Os resultados do teste de reconhecimento de fala dos 42 adultos que completaram os seis meses de uso contínuo do implante coclear foram apresentados graficamente na figura 4.

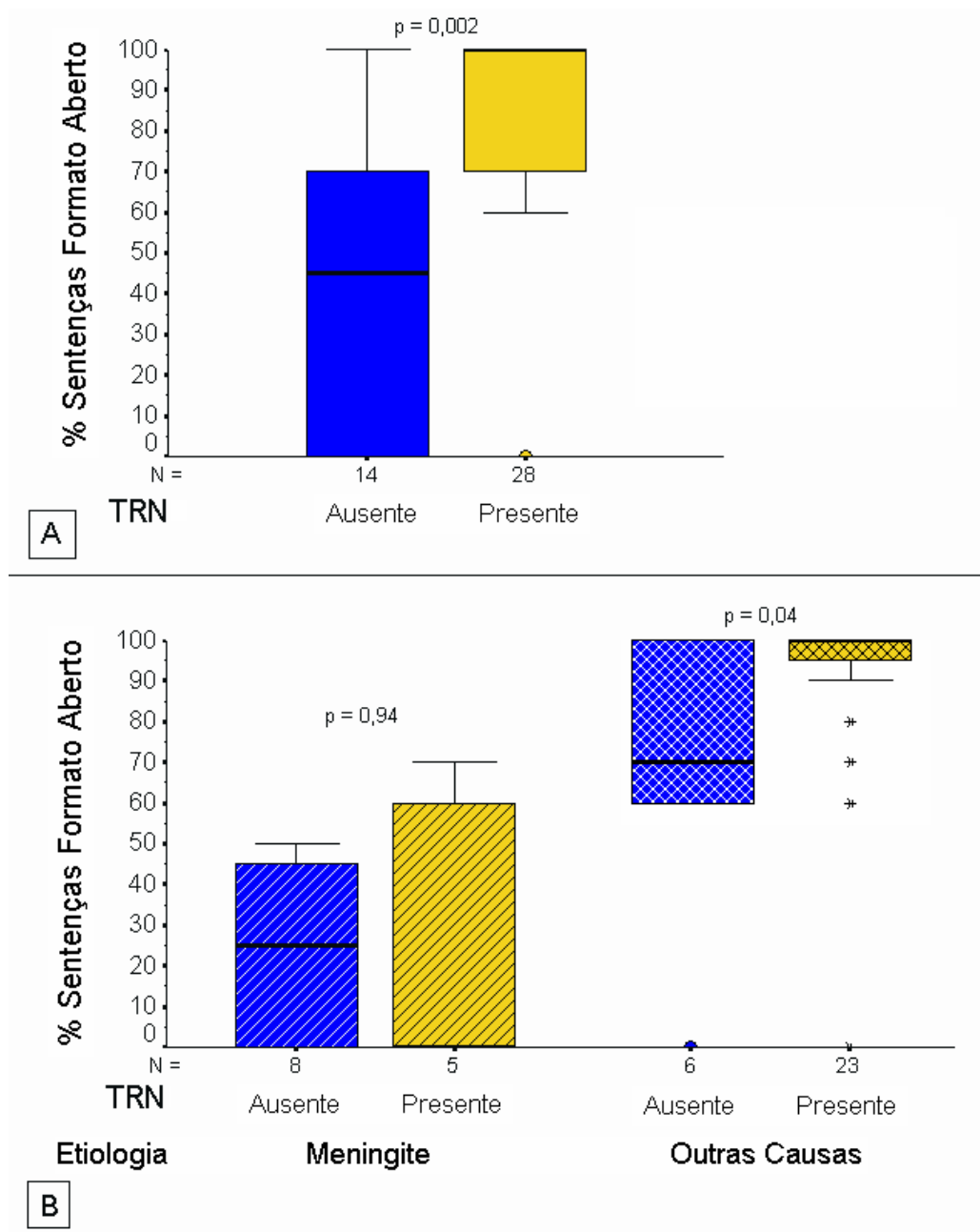
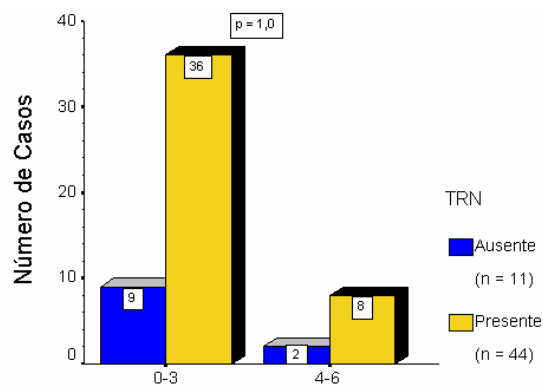


Figura 4: *Boxplot* dos resultados do teste de reconhecimento de sentenças em formato aberto (em %), de acordo com a presença ou ausência de TRN intra-operatório, para: (A) todos os 42 adultos pós-linguais e (B) os adultos pós-linguais estratificados pela etiologia meningite (n = 13, diagonal ascendente) e outras causas (n = 29, grade). Cada caixa apresenta a mediana, quartis e valores extremos dentro de uma categoria. “*Outliers*” estão representados como círculo e asteriscos. Valores de *p* obtidos do teste U de Mann-Whitney.

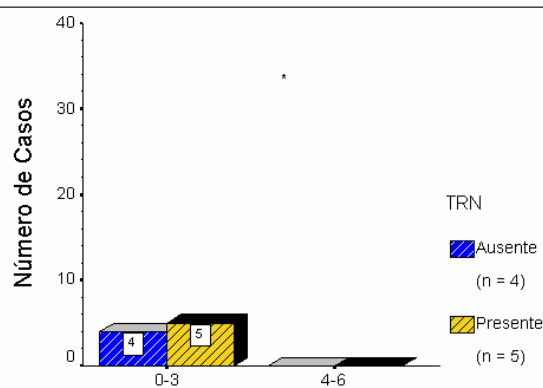
A pontuação média dos indivíduos em que a TRN foi ausente foi significativamente mais baixa (42,1 %) que a média alcançada pelos indivíduos com TRN presente (78,6 %) no teste de reconhecimento de sentenças em formato aberto ($p = 0,002$).

Como apresentado na figura 4B, os resultados no teste de reconhecimento de fala dos adultos com surdez pós-meningite não diferiram de maneira estatisticamente significativa entre os grupos com TRN presente e TRN ausente. No entanto, nos pacientes com surdez por outras causas, aqueles com TRN presente obtiveram desempenho estatisticamente significativo superior em relação ao grupo com TRN ausente ($p = 0,04$).

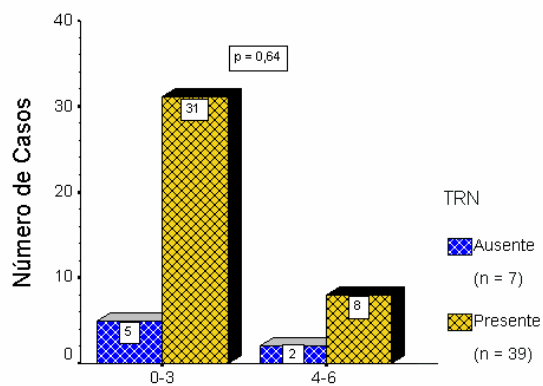
Os resultados do teste de percepção de fala em crianças (TACAM ou GASP) foram apresentados agrupados por categorias na figura 5. Não foram observadas diferenças estatisticamente significantes nos resultados dos mesmos entre os grupos com presença e com ausência da TRN, mesmo quando os resultados foram estratificados por etiologia (figura 5B e 5C) ($p > 0,05$). Todas as crianças com meningite apresentaram categoria de percepção de fala entre 0 e 3, independente da presença ou ausência de TRN.



A Categoria de Percepção de Fala (Geers, 1994)



B Categoria de Percepção de Fala (Geers, 1994)



C Categoria de Percepção de Fala (Geers, 1994)

Figura 5: Gráfico de barras demonstrando a distribuição dentro das categorias de percepção de fala conforme Geers (1994) agrupadas de acordo com a presença (amarelo) ou ausência (azul) de TRN intra-operatório para (A) todas as crianças (n = 55, caixa lisa), (B) crianças com surdez pós-meningite (n = 9, diagonal ascendente) e (C) crianças com surdez por outras causas (n = 46, grade). Valores de p obtidos através do teste do Qui-quadrado.

* Figura 5B, o valor de p não pode ser calculado porque a categoria de percepção de fala foi uma constante no grupo de crianças com surdez pós-meningite (todos estavam entre as categorias 0 e 3, após 6 meses de uso do implante coclear, independente da presença ou ausência da TNR).

6. Discussão

O modo pelo qual as fibras do nervo auditivo reagem à estimulação elétrica e pode estar relacionado aos resíduos cocleares e neurais, mas se conhecimento ainda é um desafio para os profissionais da área. A avaliação das diferenças nas densidades e integridade de fibras ganglionares ou neurais remanescentes em cada etiologia de surdez também é importante, à medida que auxilia no entendimento da variabilidade de desempenho a fim de discriminar a fala encontrada entre os indivíduos usuários de implante coclear. Dessa forma, os resultados e as características encontradas no PACEE podem indicar variações na excitabilidade da população neural subjacente (Gantz et al., 1994; Abbas et al., 1999).

Conforme Hughes e Abbas (2006) e Fitzgerald et al. (2007), o modelo de implante não interfere na captação das respostas, no limiar ou no desempenho em testes de reconhecimento de fala, por isso utilizamos três modelos distintos, porém da mesma marca e com o mesmo número de eletrodos. Todos foram programados com o mesmo programa (Nucleus R126, Cochlear Co.) e com os mesmo parâmetros.

A escolha foi pelos eletrodos 20, 15, 10, 5 e 3 por serem eletrodos que representam diferentes áreas de estimulação ao longo da membrana basilar, da região basal à apical. O programa realizou a pesquisa do potencial pelo método da subtração e fez o cálculo automático para o estabelecimento do limiar objetivo (pTRN) a partir da análise da curva de crescimento de amplitude..

No presente estudo, a prevalência do PACEE, pesquisado através da TRN foi de 74 %, abaixo dos valores encontrados na literatura que estão entre 80 e 90 % (Brown et al., 2000; Ferrari, 2003; Dees et al., 2005). Uma possível explicação para esta diferença pode estar relacionada ao grande número de indivíduos com maior incidência de casos de surdez pós-meningite em nossa casuística (22,7 %), sem precedente na literatura estudada.

Diferente do nosso propósito, os artigos pesquisados têm como objetivo principal a descrição das características do potencial e a correlação entre o limiar da TRN com os níveis de mapeamento, sem procurar identificar fatores potencialmente envolvidos com a ausência de resposta.

Dillier et al. (2002) relatam que a escolha dos parâmetros de estimulação e gravação (como ganho e janela do amplificador, nível do mascaramento e intervalo entre pulso) pode influenciar na reprodutibilidade e na morfologia das respostas. Acreditamos que no nosso estudo esses fatores não provocaram ausência de respostas quando na verdade ela existia (falso-negativo) devido ao fato de terem sido realizadas várias séries de otimização para cada um dos eletrodos avaliados, pesquisando diversas combinações de parâmetros, tendo sido altamente sensível para a detecção do PACEE.

Descartada a falta de registro do potencial por escolha inadequada de parâmetros, a hipótese para as ausências foi a de uma alteração no “*status*” fisiológico do sistema auditivo. Esta hipótese foi reforçada no momento do

atendimento de retorno pós-operatório. Mesmo refazendo a pesquisa da TRN com a escolha de diferentes parâmetros (como aumento da largura de pulso e diminuição da frequência de estimulação para 35 Hz), as ausências de PACEE no intra-operatório foram confirmadas nos mesmos 25 pacientes, independente da capacidade de detecção do som.

A meningite bacteriana é uma das causas frequentes de surdez no Brasil. Em alguns casos, há a possibilidade de lesão entendida ao tronco cerebral, sendo que pesquisas mostram que indivíduos com histórico de meningite apresentam anormalidades em medidas objetivas pesquisadas através de PEATE. As observações das características do PACEE e a sua correlação com o funcionamento neural em casos de implante coclear pós surdez por meningite, já são bastante descritas na literatura (Zwolen, 1993; Gantz et al., 1994 e Jiang, 1999).

Verificamos que a etiologia por meningite foi um fator altamente associado à ausência do potencial de ação pesquisado pela TRN. Do total de 22 indivíduos com surdez pós-meningite, apenas dez (45,5 %) apresentaram TRN presente enquanto no grupo de surdez por outras causas, 62 de 75 indivíduos (82,7 %) dos indivíduos apresentaram o potencial.

Estudos histológicos em ossos temporais revelam não só a ossificação labiríntica, mas também a diminuição de células do Gânglio Espiral e envolvimento de fibras do nervo auditivo em casos de surdez pós-meningite. Indivíduos com surdez pós-meningite apresentam um número maior de ausência do potencial durante

a pesquisa. Nesses pacientes, a redução da excitabilidade pode estar relacionada a um menor resíduo auditivo e lesão não só ganglionar, mas possivelmente de dendritos (Hall, 1990; Nikolopoulos et al., 1999; Miura et al., 2002; Wellman et al., 2003) .

Concordando com Shepherd e Javel (1997), acreditamos que anormalidades histológicas ou funcionais causadas pela lesão pós-meningite afetam a pesquisa da TRN, o que poderia explicar o grande número de ausência do PACEE nessa população.

Em relação ao pior desempenho nos testes de reconhecimento de sentenças em formato aberto, evidenciada no grupo de adultos da nossa amostra com surdez pós-meningite (figura 4B, comparando as duas caixas amarelas), os achados corroboraram os de Blamey et al. (1996). Estes autores também verificam resultados abaixo da média em adultos usuários de implante coclear com surdez pós-lingual causada por meningite.

O baixo desempenho nos testes de percepção de fala em pacientes com surdez pós-meningite quando comparado ao grupo com surdez por outras causas, foi observado também nas crianças, independente da resposta à TRN. Estudos anteriores relatam que crianças com surdez pós-meningite podem demorar mais para discriminar os estímulos de fala (Gantz, 1993; Lehnhardt e Aschendorff, 1993; El-Kashlan et al., 2003).

No caso dos adultos com TRN presente, a maior parte dos pacientes que não tinham a meningite como etiologia da surdez (78,3 %), obtiveram acima de 90 % de acerto no teste de reconhecimento de fala empregado (mediana 100 %). Os pacientes com surdez pós-meningite apresentaram uma mediana igual a zero, mostrando pobre percepção de fala ($p = 0,002$). Nenhuma criança com surdez pós-meningite alcançou categoria de percepção de fala superior ao nível 3 (Geers, 1994), o que mostra o baixo desempenho, uma vez que a maior parte ainda não reconhece palavras, mesmo em contexto fechado e com pista supra-segmental.

Dessa forma, nos indivíduos com surdez pós-meningite, a simples presença do potencial neural não foi suficiente para garantir o bom desempenho em testes de percepção de fala. O disparo das células ganglionares não significa que haverá, necessariamente, reconhecimento do estímulo em níveis mais centrais, pois, o registro do potencial pela TRN não assegura que os mecanismos cognitivos envolvidos na percepção auditiva estejam ativados (Gantz et al., 1994). Para melhor avaliação dos aspectos que possam estar envolvidos no desempenho pós-implante e no processamento da informação auditiva, são necessários pesquisas com potenciais mais tardios como, por exemplo, o P300.

O tempo de privação auditiva é apontado como uma das causas que justificam o baixo índice de reconhecimento de fala (Blamey et al., 1996) e pode estar relacionado com as alterações ou ausências do potencial de ação. Isto difere dos achados no presente estudo, onde não verificamos nos nossos pacientes que o tempo de surdez tivesse relação com os resultados na pesquisa da TRN (tabela 4).

Nos adultos com surdez por outras causas que não meningite, a ausência do potencial de ação apresentou associação estatisticamente significativa com baixo desempenho em teste de reconhecimento de sentenças em formato aberto (figura 4B, comparando as caixas em grade amarela e azul). Os indivíduos desse grupo com TRN intra-operatória presente obtiveram resultados próximos a 100% após seis meses de estimulação com o implante coclear, enquanto aqueles com TRN ausentes apresentaram mediana de 70% ($p = 0,04$). Dessa forma, podemos sugerir que a ausência de TRN em usuários de implante coclear é uma evidência de pior condutibilidade neural para o estímulo elétrico proveniente do dispositivo, condição esta que pode afetar a capacidade de processar o sinal acústico necessário para o bom reconhecimento de fala.

Nas crianças não foram observadas diferenças no desempenho entre os grupos com TRN presente e TRN ausente no momento intra-operatório. Tal fato pode estar relacionado ao pequeno tempo de experiência auditiva (seis meses), já que todas apresentavam surdez pré-lingual. Além disso, o desempenho nesses casos é diretamente dependente do método de reabilitação terapêutico empregado, bem como a efetividade do mesmo, idade da implantação e tempo de privação auditiva (incluindo os testes e utilização efetiva de aparelho de amplificação sonora individual).

7. Conclusão

A Telemetria de resposta neural (TRN) foi um excelente método para o registro do potencial de ação composto evocado eletricamente (PACEE) em usuários de implante coclear multicanal Nucleus 24 durante a cirurgia, sem acarretar aumento do tempo cirúrgico ou qualquer outro desconforto para o indivíduo.

A presença do PACEE no momento intra-operatório em adultos com surdez pós-lingual mostrou-se associada a melhores desempenhos no teste de reconhecimento de sentenças em formato aberto após seis meses de uso do dispositivo, sugerindo um bom prognóstico.

A surdez causada pela meningite esteve associada com menor prevalência do PACEE e também com baixo desempenho em reconhecer e discriminar estímulos de fala, tanto em adultos como em crianças.

8. Anexos

Anexo A: Teste da avaliação da capacidade auditiva mínima (TACAM), desenvolvido por Orlandi ANC e Bevilacqua MC, 1999 (adaptação do *Early Speech Perception Test – ESP*; de Geers e Moog, 1990).

TREINAMENTO DO PADRÃO DE PERCEPÇÃO

	Aaa X toctoc		Mão X cavalo		pato X cavalo		mão X abacaxi	
	AV	A	AV	A	AV	A	AV	A
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
<i>TESTE DO PADRÃO DE PERCEPÇÃO</i>								
	AV				A			
Flor								
Carro								
Macaco								
Telefone								
Carro								
Macaco								
Flor								
Telefone								
Macaco								
Carro								
Flor								
Telefone								
Categoria 0: não detecta								
Categoria 1: 1-7								
Categoria 2: 8-12								

IDENTIFICAÇÃO DE PALAVRAS

POLISSÍLABOS			MONOSSÍLABOS		
	A/V	A		A/V	A
tartaruga			flor		
elefante			mão		
telefone			pé		
abacaxi			trem		
elefante			mão		
tartaruga			pé		
abacaxi			flor		
telefone			trem		
tartaruga			flor		
elefante			pé		
tartaruga			mão		
abacaxi			trem		
Total correto: _____ Categoria _____			Total correto: _____ Categoria _____		
Categoria 3: 8-12			Categoria 4: 10-12		

Anexo B: Avaliação da percepção da fala em crianças deficientes auditivas profundas à partir de 05 anos de idade (adaptação do GASP, Bevilacqua e Tech, 1996).

RECONHECIMENTO DE PALAVRAS

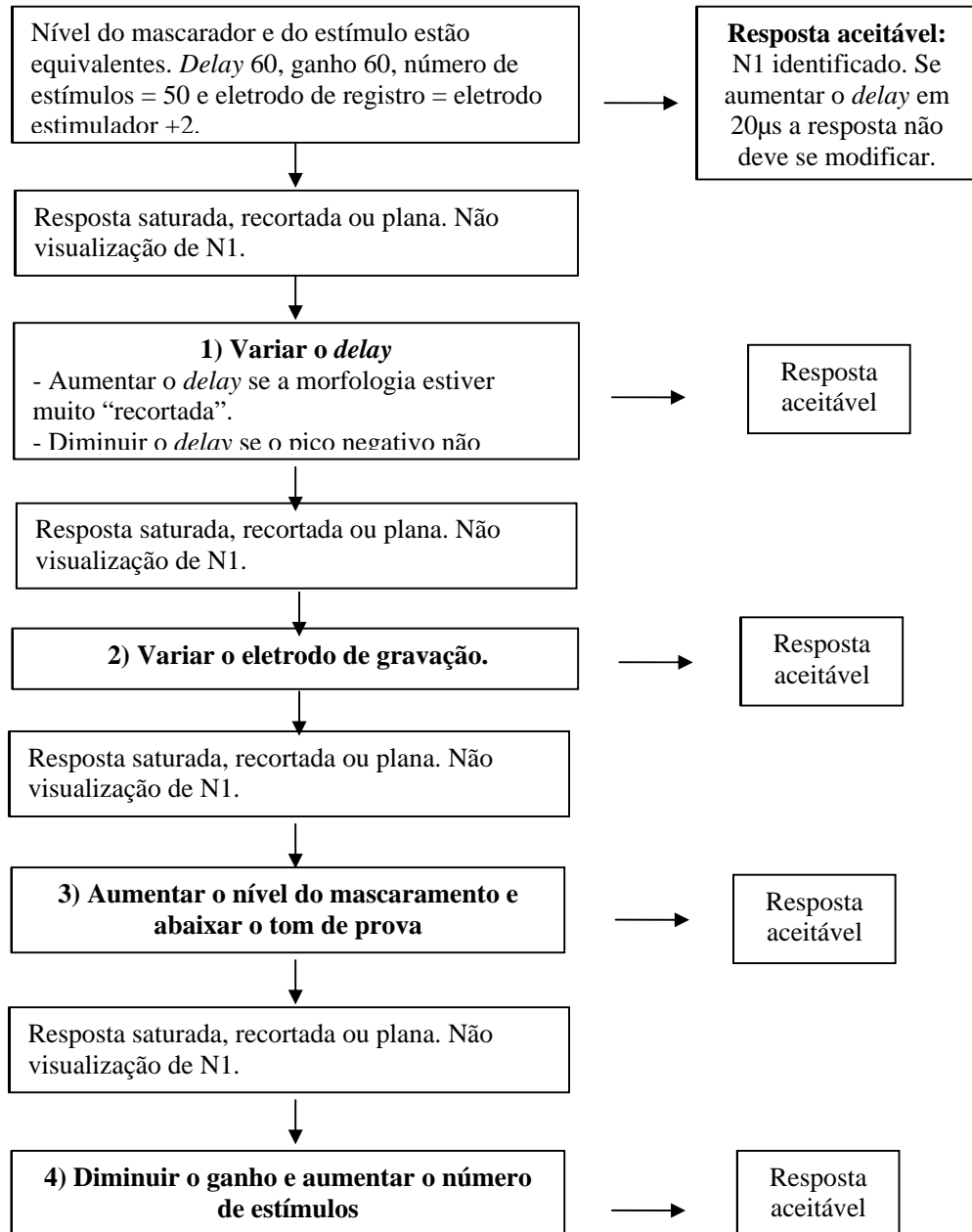
RESPOSTA	P É	M Ã	F L	G A	B O	C A	S T	M N	C R	T E	G A	B I	C	T	E	B		
													A	E	L	I		
													S	M	C	L	A	I
													A	E	H	E	D	C
													P	N	O	F	E	L
PÉ																		
MÃO																		
FLOR																		
GATO																		
BOLA																		
CASA																		
SAPATO																		
MENINO																		
CACHORRO																		
TELEFONE																		
GELADEIRA																		
BICICLETA																		

RECONHECIMENTO - Categoria 3: acima de 50%

Anexo C: Lista de sentenças para teste de reconhecimento de fala em formato aberto para adultos (Costa et al., 2000).

Lista 1	Lista 2
<ul style="list-style-type: none"> • O avião já está atrasado • O jantar da sua mãe estava bom • Esqueci de ir ao banco • O preço da roupa não subiu • Avisei o seu filho agora • Tem que esperar na fila • Elas foram almoçar mais tarde • Ganhei um carro azul lindo • Ela não está com muita pressa • Não pude chegar na hora 	<ul style="list-style-type: none"> • Parece que agora vai chover • Encontrei seu irmão na rua • Hoje é meu dia de folga • Elas viajaram de avião • Seu trabalho estará pronto amanhã • Esqueci de comprar os pães • Ouvi uma música linda • Acabei de passar um cafezinho • A bolsa está dentro do carro • Ainda não está na hora
Lista 3	Lista 4
<ul style="list-style-type: none"> • É perigoso andar nesta rua • Não encontrei meu filho • A chuva foi muito forte • Ela acabou de bater o carro • Não posso dizer nada • Esqueci de levar a bolsa • Os pães estavam quentes • Os preços subiram na segunda • Elas já alugaram uma casa na praia • Meu irmão viajou de manhã 	<ul style="list-style-type: none"> • Meu filho está ouvindo música • Não paguei a conta do bar • A chuva inundou a rua • O aluno quer assistir ao filme • Amanhã não posso almoçar • Ela viaja em dezembro • Você teve muita sorte • Sua mãe pôs o carro na garagem • Ainda não pensei no que fazer • Essa estrada é perigosa
Lista 6	
<ul style="list-style-type: none"> • Os preços não devem subir • Vou viajar às nove da manhã • Cheguei atrasada na aula • Esta rua é perigosa • Esqueci da bolsa na sua mesa 	<ul style="list-style-type: none"> • Não falei com sua filha • Ela comprou os últimos pães • Meu irmão bateu o carro ontem • Prometi a ele não contar o segredo • A casa de campo já foi alugada

Anexo D: Sugestão de protocolo para registro da TRN (Abbas et al., 1999).



9. Referências Bibliográficas

Abbas PJ, Brown CJ, Hughes ML, Gantz BJ, Wolaver, AA, Gervais JP, Hong SH. Electrically evoked compound action potentials recorded from subjects who use the Nucleus CI24M device. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 2000; 185:6-12.

Abbas PJ, Brown CJ, Shallop JK, Firszt JB, Hughes ML, Hong SH, Staller SJ. Summary of results using the Nucleus CI24M implant to record the electrically evoked compound action potential. *Ear Hear* 1999, 20(1): 45-9.

Abbas PJ, Brown CJ. Electrophysiology and device telemetry. In: Waltzman SB, Cohen NL, eds. *Cochlear Implants*. New York: Thieme, 2000; 121-38.

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

Bevilacqua MC, Tech EA. Elaboração de um procedimento de avaliação de percepção de fala em crianças deficientes auditivas profundas a partir de cinco anos de idade. In: Marchesan IQ, Zorzi JL, Gomes ICD. *Tópicos em Fonoaudiologia*. São Paulo: Lovise, 1996. cap. 27: 411-33.

Blamey P, Arndt P, Bergeron F, Bredberg G, Brimacombe J, Facer G, et al. Factors affecting auditory performance of postlinguistically deaf adults using cochlear implants. *Audiol Neurootol* 1996, 1(5): 293-306.

Brown CJ, Abbas PJ, Gantz B. Electrically evoked whole-nerve action potentials: data from human cochlear implant users. *J Acoust S Am* 1990; 88(3): 1395-81

Brown CJ, Hughes ML, Luk B, Abbas PJ, Wolaver AA, Gervais JP. The relationship between EAP and EABR thresholds and levels used to program the Nucleus CI24M speech processor: Data from adults. *Ear Hear* 2000, 21: 151-63.

Costa MJ, Iorio MCM, Mangabeira-Albernaz PL. Desenvolvimento de um teste para avaliar a habilidade de reconhecer a fala no silêncio e no ruído. *Pró-Fono* 2000, 12(2): 09-16.

Dees DC, Dillier N, Lai WK, Von Wallenberg E, Van Dijk B, Akdas F, Aksit M et al. Normative findings of electrically evoked action potential measurements using the neural response telemetry of the Nucleus CI24M cochlear implant system. *Audiol. Neurootol* 2005, 10, 105-16.

Dillier N, Lai WK, Almqvist B, Frohne C, Müller-Deile J, Stecker M, Von Wallenberg E. Measurement of the electrically evoked compound action potential via a neural response telemetry system. *Ann. Otol. Rhinol. Laryngol. Suppl.* 189 2002, 111(5pt 1), 407-14.

El-Kashlan HK, Ashbaugh C, Zwolen T, Telian AS. Cochlear implantation in prelingually deaf children in ossified cochleae. *Otol Neurotol* 2003; 24(4): 596-600

Ferrari DV. *A telemetria de respostas neurais para registrar o potencial de ação composto eletricamente evocado do nervo coclear em crianças usuárias de implante*

coclear multicanal. [tese]. São Paulo: Instituto de Psicologia. Neurociências e Comportamento da Universidade de São Paulo; 2003.

Fitzgerald MB, Shapiro WH, McDonald PD, Neuburger HS, Ashburn-Reed S, Immerman S, Jethanamest D, Roland JT, Svirsky MA. The effect of perimodiolar placement on speech perception and frequency discrimination by cochlear implant users. *Acta Otolaryngol*. 2007;127(4):378-83

Gantz BJ, Tyler RS, Tye-Murray N, Fryauf-Bertschy H. Long-term results of multichannel cochlear implants in congenitally deaf children. *Proceedings of the 3rd International Cochlear Implant Conference*. Innsbruck, Austria. April, 1993.

Gantz BJ, Brown CJ, Abbas PJ. Intraoperative measurements of electrically evoked auditory nerve compound action potential. *Am J Otol*, 1994 15(2): 137-44.

Geers AE. Techniques for assessing auditory speech perception and lipreading enhancement in young deaf children. In: Geers AE, Moog JS. *Volta Review* 1994, 96: 85-96.

Gomez MVSG, Guedes MC, Sant'Anna SBG, Peralta CGO, Tsuji RK, Castilho AM, et al. Critérios de seleção e avaliação médica e audiológica dos candidatos ao implante coclear: Protocolo HCFMUSP. *Arq Otorrinolaringol* 2004 7(3): 197-204.

Gordon K, Papsin BC, Harrison RV. Programming cochlear implant stimulation levels in infants and children with a combination of objective measures. *Int J Audiol* 2004; 43:528-32.

Gordon KA; Gilden JE; Ebinger KA; Shapiro WH. Neural response telemetry in 12- to 24-month-old children. *Ann Otol Rhinol Laryngol Suppl*, 2002, 111 (189): 42-8.

Guedes MC, Gomez MVGG, Sant'Anna SBG, Peralta CGO, Brito Neto RV, Sanches TG, Bento RF, Castilho AM. Telemetria de resposta neural intraoperatória em usuários de implante coclear. *Rev Bras Otorrinolaringol*. 2005; 71(5): 660-67.

Guedes MC, Gomez MVSG, Sant'Anna SBG, Peralta CGO, Brito Neto RV, Sanchez TG, Bento RF, Castilho AM. Medidas de telemetria de resposta neural em usuários de implante coclear multicanal. *Arq Otorrinolaringol* 2003, 7(3): 197-204.

Hall RD. Estimation of surviving spiral ganglion cells in the deaf rat using the electrically evoked auditory brainstem response. *Hear Res* 1990; 49(1 pt3): 155-68.

Hughes ML, Abbas PJ. Electrophysiologic channel interaction, electrode pitch ranking, and behavioral threshold in straight versus perimodiolar cochlear implant electrode arrays. *J Acoust Soc Am*. 2006;119(3):1538-47.

Hughes ML, Brown CJ, Abbas PJ, Gantz BJ. Using electrically evoked compound action potential thresholds to facilitate creating MAPs for children with the Nucleus CI 24M. *Adv Otorhinolaryngol* 2000; 57:260-65.

Jiang ZD. Outcome of brain stem auditory electrophysiology in children who survive purulent meningitis. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 1999; 108:429-34.

Kiefer J, Hohl S, Stürzebecher E, Pfennigdorff T, Gstöettner W. Comparison of speech recognition with different speech coding strategies (SPEAK, CIS and ACE)

and their relationship to telemetric measures of compound action potentials in the Nucleus CI 24M cochlear implant system. *Audiology* 2001; 40:32-42

Lai W, Dillier N. A simple two-component model of the electrically evoked compound action potential in the human cochlea. *Audiol Neurootol* 2000; 5: 333-45

Lai W. *An TRN cookbook: guidelines for making TRN measurements*. Zurich: Cochlear AG, 1999. 1-21.

Lehnhardt E, Aschendorff A. Prognostics factors in 187 adults provided with the Nucleus cochlear mini-system 22. *Adv Otorhinolaryngol* 1993, 48: 146-52.

Lopes AC; Castiquini EAT; Delgado EMC; Bevilacqua MC. Procedimentos de avaliação da percepção de fala em deficientes auditivos. *Rev Soc Bras Fonoaudiol* 2000, 4(6): 24-7.

Miura M, Hirsch BE, Sando I, Orita Y. Analysis of ganglion cell population in children with normal and pathological ears. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 2002; 111(2pt1):1059-65.

Nikolopoulos TP, O'Donoghue GM, Mason SM, Gibbin KP. Integrity of the auditory pathway in young children with congenital and postmeningitic deafness. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 1999; 108(4):327-30.

Orlandi ANC; Bevilacqua MC. Deficiência auditiva profunda nos primeiros anos de vida: procedimento para a avaliação da percepção de fala. *Pró-Fono* 1998, 10(2): 87-91.

Shallop JK, Facer GW, Peterson A. Neural response telemetry with the Nucleus CI24M cochlear implant. *Laryngoscope* 1999, 109(11): 1755-9.

Shepherd RK, Javel E. Electrical stimulation of the auditory nerve I: correlation of physiological responses with cochlear status. *Hear Res* 1997; 108:112-44.

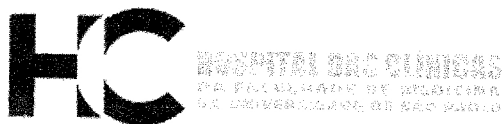
Smooenburg GF, Willeboer C, Van Dijk JE. Speech perception in Nucleus CI24M cochlear implant users with processor settings based on electrically evoked compound action potential thresholds. *Audiol Neurootol* 2003, 7: 335-47.

Tanamati LF. *Telemetria de respostas neurais: avaliação do potencial de ação composto do nervo auditivo em crianças* [dissertação]. São Paulo: Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo; 2006.

Wellman MB, Sommer DD, McKenna J. Sensorineural hearing loss in postmeningitic children. *Otol Neurotol* 2003; 24(6): 907-12.

Zwolen TA, Kileny PR, Zimmermann-Phillips SR, Spak C. Preoperative promontory stimulation testing: normative data from 140 ears. *Proceedings of the 3rd International Cochlear Implant Conference*. Innsbruck, Austria. April, 1993.

Apêndice I: Aprovação pelo Comitê de Ética da Instituição



DIRETORIA CLÍNICA

Comissão de Ética para Análise de Projetos de Pesquisa


APROVAÇÃO

A Comissão de Ética para Análise de Projetos de Pesquisa - CAPPesq da Diretoria Clínica do Hospital das Clínicas e da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, em sessão de 11.08.04, **APROVOU** o Protocolo de Pesquisa nº **633/04**, intitulado: "Telemetria de resposta neural intra-operatória em usuários de implante coclear" apresentado pelo Departamento de **OFTALMOLOGIA E OTORRINOLARINGOLOGIA**, inclusive o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

Pesquisador(a) Responsável: **Dr. Rubens Vuono de Brito Neto**

Pesquisador(a) Executante: **Dra. Mariana Cardoso Guedes**

CAPPesq, 11 de Agosto de 2004.


PROF. DR. EUCLIDES AYRES DE CASTILHO
Presidente da Comissão de Ética para Análise
de Projetos de Pesquisa

OBSERVAÇÃO: Cabe ao pesquisador elaborar e apresentar à CAPPesq, os relatórios parciais e final sobre a pesquisa (Resolução do Conselho Nacional de Saúde nº 196, de 10.10.1996, inciso IX.2, letra "c")

This document was created with Win2PDF available at <http://www.win2pdf.com>.
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.
This page will not be added after purchasing Win2PDF.