

Implantes Cocleares

Damares, Daniel e Leonardo
Ciência e Tecnologia da Fala 2008

13 de novembro de 2008

Surdez

Procedimento Cirúrgico

História dos Implantes Cocleares

Funcionamento

Aparelho

Processamento

Localização em frequência

Banco de Filtros

Retificador de Meia Onda

Estimulação

Exemplos

Reabilitação

Surdez

Procedimento Cirúrgico

História dos Implantes Cocleares

Funcionamento

Aparelho

Processamento

Localização em frequência

Banco de Filtros

Retificador de Meia Onda

Estimulação

Exemplos

Reabilitação

Citação: Beethoven

“Tais experiências me levaram ao desespero e eu estava ao ponto de colocar um fim a minha vida. A única coisa que me fez voltar atrás foi a minha arte e, assim, eu me arrastei por esta miserável existência.”

(Ludwig van Beethoven, Testamento de Hellingenstadt, 1802)

Ludwig van Beethoven



Figura: Ludwig van Beethoven

A surdez e a história

- ▶ Ronald Reagan
- ▶ Bill Clinton
- ▶ Alexander Graham Bell
- ▶ Quasímodo
- ▶ Van Gogh

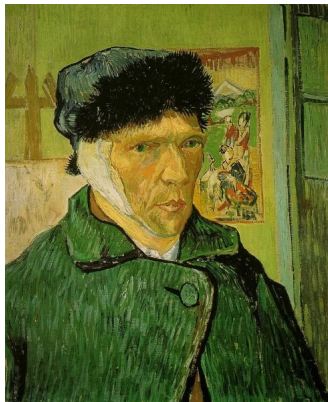


Figura: VINCENT VAN GOGH,
'Self-portrait with bandaged ear', Jan.
1889 - oil on canvas, 60-49 cm., London,
Courtald Institute Galleries

Surdez

Conceito

É a incapacidade total ou parcial de audição¹.

Classificação

Quanto ao tipo: de condução, neurosensorial, mista².

Quanto ao grau: leve (26 a 40dB), moderada (41 a 70dB), severa (71 a 90 dB), profunda (acima de 91 dB), anacusia³.

¹Dicionário de termos médicos da American Medical Association

²Davis H, Silverman SR. Auditory Test Hearing. Hearing and Deafness; 1970.

³Lloyd e Kaplan, 1978

Elementos do implante coclear⁴

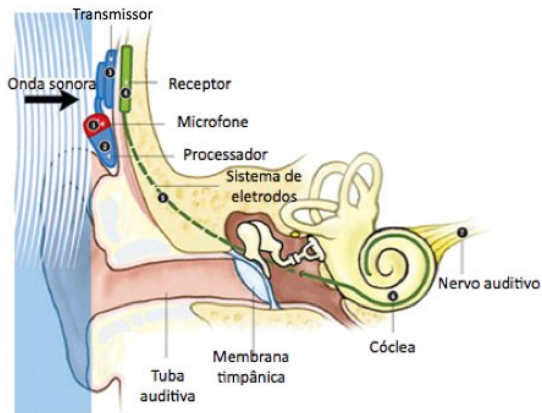


Figura: Partes do Implante coclear

⁴Adaptado de B.S. Wilson, M.F. Dorman / Hearing Research 242 (2008)

Indicações⁵

1. Perda auditiva neurosensorial bilateral severa a profunda
2. Benefício do implante maior que o esperado por outros recursos
3. Adequação psicológica e motivação

⁵Kronenberg J. / New surgical approach for cochlear implantatio. J. Laryngol Otol, 115: 258-283, 2001

Contra-indicações

1. Agenesia da cóclea
2. Ausência de nervo coclear
3. Infecção ativa da orelha média
4. Doença que contra-indique a anestesia ou cirurgia
5. Surdez pré-lingual (adultos)

Surdez

Procedimento Cirúrgico

História dos Implantes Cocleares

Funcionamento

Aparelho

Processamento

Localização em frequência

Banco de Filtros

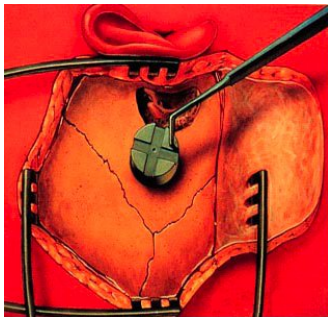
Retificador de Meia Onda

Estimulação

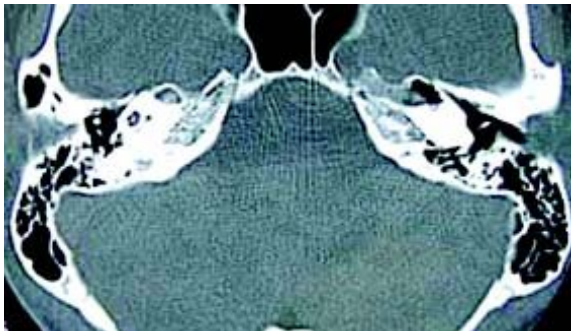
Exemplos

Reabilitação

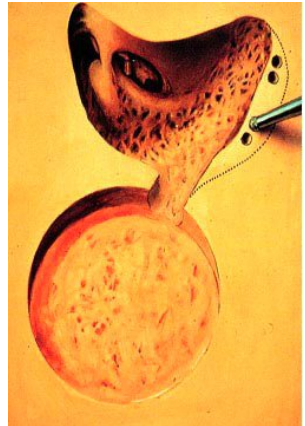
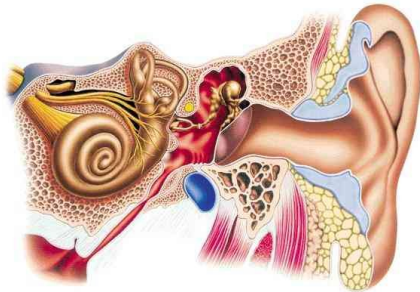
Fresagem do osso temporal



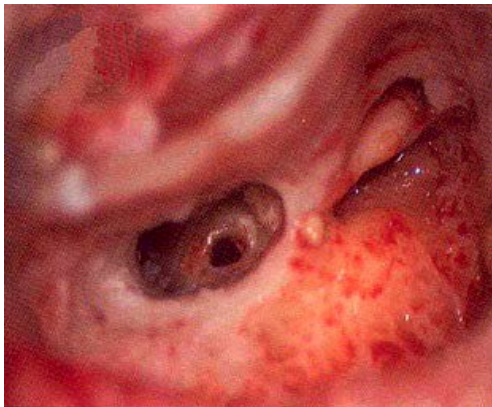
Fresagem do osso temporal



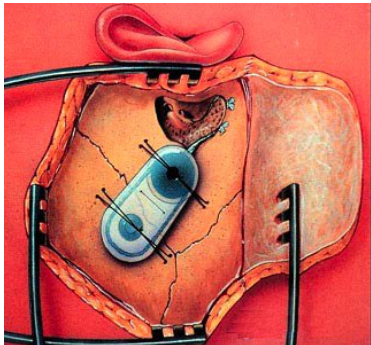
Mastoidectomia e timpanostomia



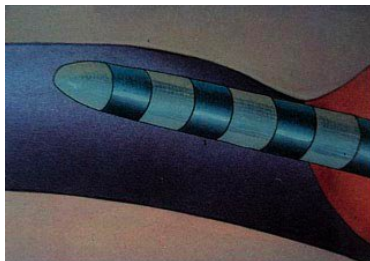
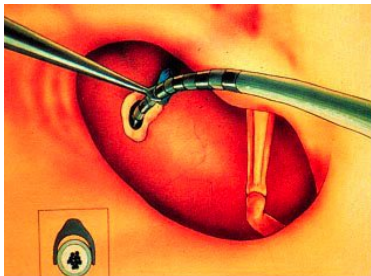
Cocleostomia



Fixação do receptor



Introdução dos eletrodos



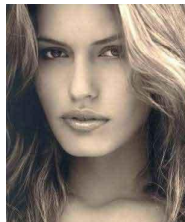
Video da Cirurgia



Figura: Vídeo da cirurgia

Clique para assistir ao vídeo.

Aspecto final



Surdez

Procedimento Cirúrgico

História dos Implantes Cocleares

Funcionamento

Aparelho

Processamento

Localização em frequência

Banco de Filtros

Retificador de Meia Onda

Estimulação

Exemplos

Reabilitação

História I

1. Alessandro Volta



Figura: Alessandro Giuseppe Antonio Anastasio Volta (Como, 18 de Fevereiro de 1745 - Como, 5 de Março de 1827) foi um físico italiano, conhecido especialmente pela invenção da bateria.

História II

2. Djourno e Eyriès (1957, Paris) primeiro implante para estimulação elétrica do nervo auditivo. O implantado era capaz de perceber sons do ambiente, mas não era capaz de entender a fala.
3. William F. House, James Doyle e Jack Urban realizaram um implante em 1961, inspirados nos trabalhos de Djourno e Eyriès.
4. Em 1975 já haviam 13 pacientes implantados nos EUA com implantes de apenas um canal.

História III

5. 'Bilger Report' (1977) - NIH (National Institutes of Health) - estudos com os 13 implantados, mostrou que a índice de inteligibilidade da leitura labial e percepção de sons do ambiente aumento com o uso do implante.
6. 1978 foi vetada uma verba pelo NIH para pesquisa por questões morais.
7. Após 1978 intensificaram os financiamentos pela NIH.
8. Na década de 1980 houveram grandes progressos: inovações em eletrodos e projetos em processamento de sinais.

História IV

9. Em 1988 passaram a ser utilizados sistemas com múltiplos canais e estimulação em múltiplos lugares na cóclea. Um em cada 20 pacientes consegue manter conversação normal sem necessidade de leitura labial.
10. Aproximadamente 3000 pacientes haviam sido implantados até 1988.
11. Até 1995 já haviam aproximadamente 12 mil implantados e os novos implantes já levaram a uma performance de 80% de reconhecimento correto, mesmo sem pistas visuais.
12. Em 2008 já existem mais de 120 mil implantados e muitos pacientes conseguem obter uma performance de 90 a 100% nos testes padrões de inteligibilidade.

Surdez

Procedimento Cirúrgico

História dos Implantes Cocleares

Funcionamento

Aparelho

Processamento

Localização em frequência

Banco de Filtros

Retificador de Meia Onda

Estimulação

Exemplos

Reabilitação

Aparelho



Figura: Parte externa.



Figura: Parte interna.

Aparelho

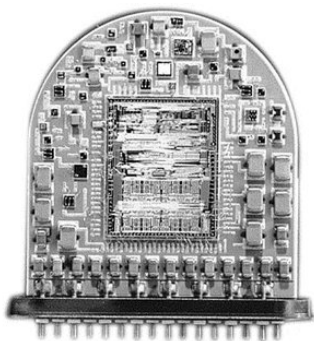


Figura: Processador.

Processamento

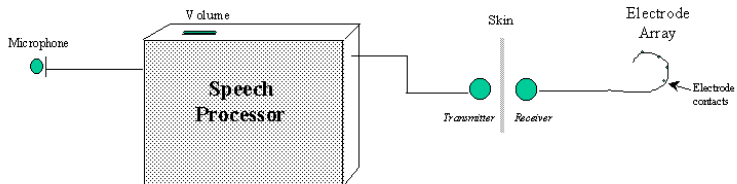


Figura: Processamento.

Processamento

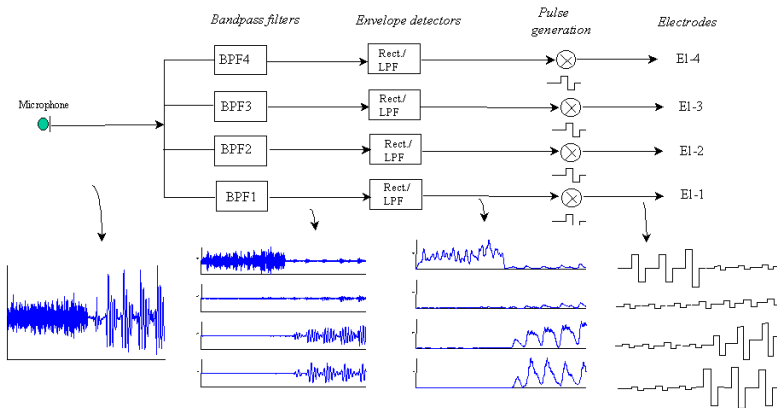


Figura: Processamento.

Processamento

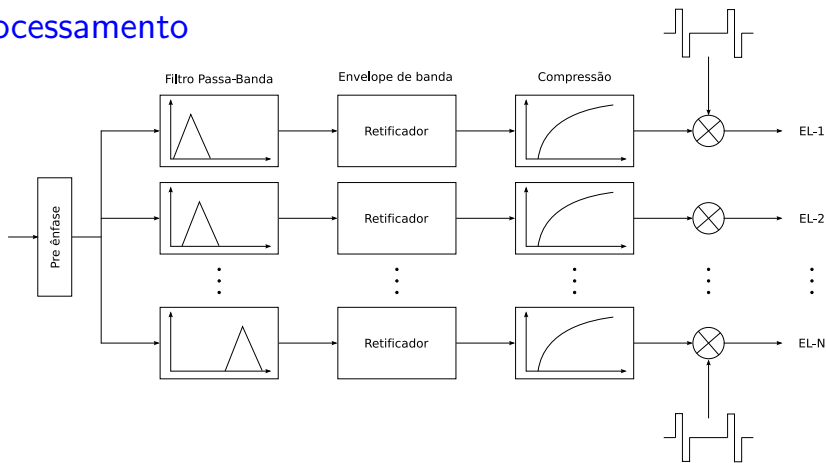


Figura: Processamento.

Localização das freqüências

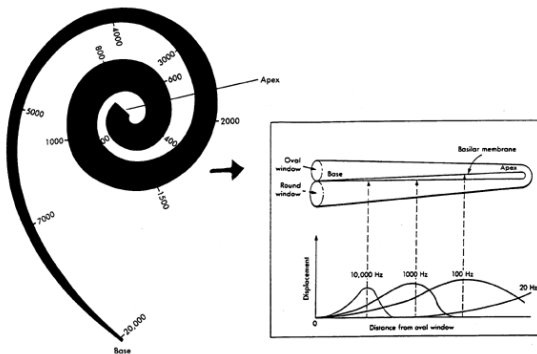


Figura: Localização das freqüências ao longo da membrana basilar.

Localização das freqüências

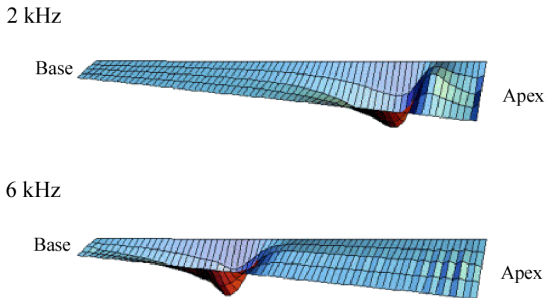


Figura: Vibração da Membrana Basilar.

Função de Greenwood

A função de Greenwood foi obtida empiricamente por Donald D. Greenwood em 1961 de forma a relacionar a posição das células ciliadas na cóclea e a frequência de estimulação nesta região. A função de Greenwood é importante nos implantes cocleares para a colocação dos eletrodos nos locais apropriados.

$$f = \int_0^x \Delta f_{cb} = A(10^{ax} - K) \quad (1)$$

continuação...

$$f = \int_0^x \Delta f_{cb} = A(10^{ax} - K)$$

- f* frequência característica.
- A* constante de escalonamento entre a frequência de característica e a frequência máxima de audição da espécie.
- a* inclinação da reta entre frequência e posição que se mostrou constante em todas espécies.
- x* distância da posição apical até a região de interesse (mm ou relativo, entre 0 e 1).
- K* constante de integração que representa a divergência entre a natureza logarítmica da curva e é determinada pela mínima frequência audível pela espécie.

Função de Greenwood - exemplo

Para os seres humanos

$$f = 165.4(10^{2.1x} - 0.88) \quad (2)$$

$a = 2.1$ quando utilizando x relativo (entre 0 e 1) ou $a = 0.6$ para x em milímetros.

implante coclear

Se último eletrodo foi implantado a uma distância de 25mm da base da cóclea então, para uma cóclea de tamanho médio de 35mm, o eletrodo está a 10mm do ápice e assim $x = 10/35$. A frequência desta região pode ser determinada pela função de Greenwood:

$$f = 165.4(10^{2.1x} - 0.88) = 513\text{Hz} \quad (3)$$

continuação...

de forma equivalente, para comparar a frequência em que oscila o sistema com a razão em que este discipa sua energia.

Δf é dada pela faixa de frequências em que a energia é ao menos metade da energia do máximo (3dB a menos).

O fator de qualidade Q é aproximadamente o número de oscilações necessárias para a energia do sistema cair a $1/e^{2\pi}$ da energia original.

Bandas Críticas

Harvey Fletcher (1940)

O termo 'bandas crítica' foi cunhado por Fletcher referindo-se à largura de banda (frequência) de um filtro auditivo. Com os estudos de Békésy o termo passou também a designar a área na membrana basilar que vibra em resposta a um estímulo senoidal puro. Em termos de extensão na membrana, a banda crítica possui comprimento médio de 1mm, e em largura de banda o valor médio é aproximadamente 1/3 de oitava.

Largura da Banda Crítica

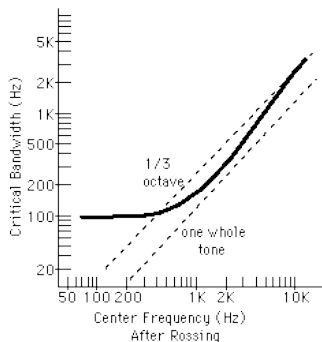


Figura: Largura da banca crítica em função da freqüência central.

Banco de Filtros

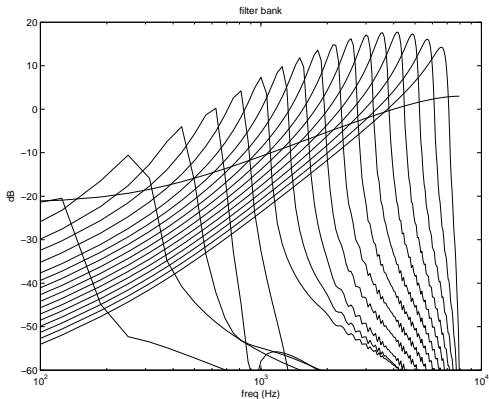


Figura: Banco de Filtros Cocleares

IHC

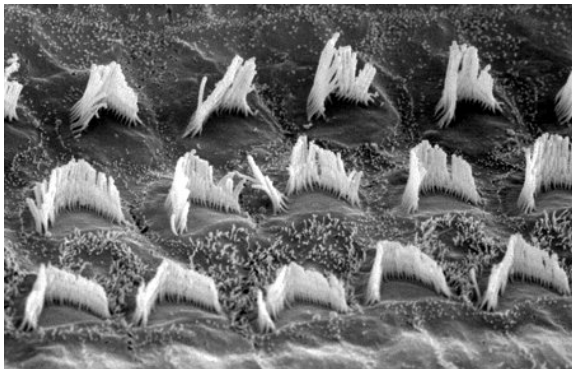
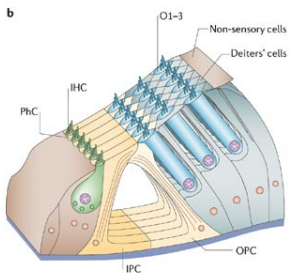
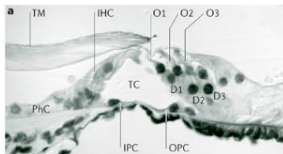


Figura: Células Ciliadas Internas

Órgão de Corti



Funcionamento das Células Ciliadas Internas

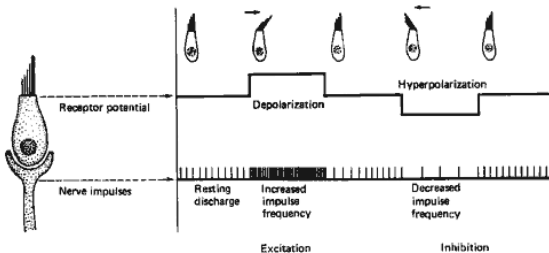


Figura: Resposta sensível à direção das células ciliadas internas.

Modelo para as células ciliadas internas

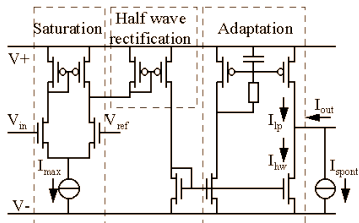


Figura: Modelo de Célula Ciliada Interna do Meddis.

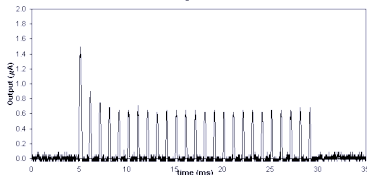


Figura: Resposta deste modelo.

Eletrodos



Figura: Eletrodos implantados na cóclea.

Eletrodos

- ▶ Os eletrodos são implantados na escala timpanica onde o fluido que os banha é a perilinfa que possui alta condutividade.
- ▶ Cada eletrodo pode estimulando diferentes subpopulações de neurônios.
- ▶ Reproduzir a tonotopia.

Tipos de estimulação

Monopolar

Os estímulos são apresentados em cada eletrodo do conjunto tendo como referência um eletrodo externo geralmente implantado no músculo temporal.

Bipolar

Os estímulos são apresentados entre eletrodos situados próximos.

Tipos de estimulação

Estimulação monopolar

É o tipo de estimulação utilizada em todos os tipos de implantes existentes hoje devido às seguintes vantagens:

1. Desempenho é ao menos tão bom quanto o desempenho dos implantes com estimulação bipolar.
2. Consome menos energia e assim a duração da bateria é prolongada.
3. As diferenças de limiares para cada eletrodo no conjunto são substancialmente menores, simplificando o ajuste dos implantes aos pacientes.

Resultados

Os resultados dependem de alguns fatores:

- ▶ disposição dos eletrodos no interior da cóclea
- ▶ proximidade dos eletrodos da estrutura neural alvo
- ▶ condições da cóclea em termos de seus neurônios estarem vivos e funcionais, ossificação e fibrose ao redor do implante
- ▶ maximização do número de populações de neurônios estimulados que não se sobreponham (evidências recentes mostram que de 4 a 8 regiões independentes estão disponíveis no contexto atual de estimulação elétrica, mesmo para conjuntos de 22 eletrodos).

Exemplos

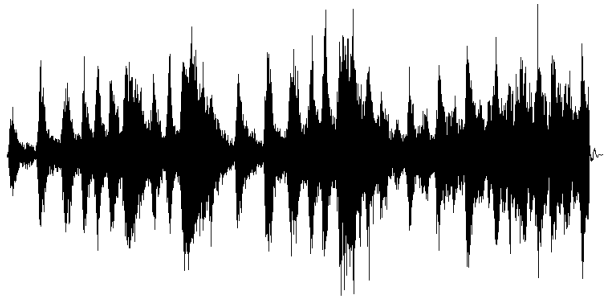


Figura: Música

Clique para tocar a música.

Exemplos

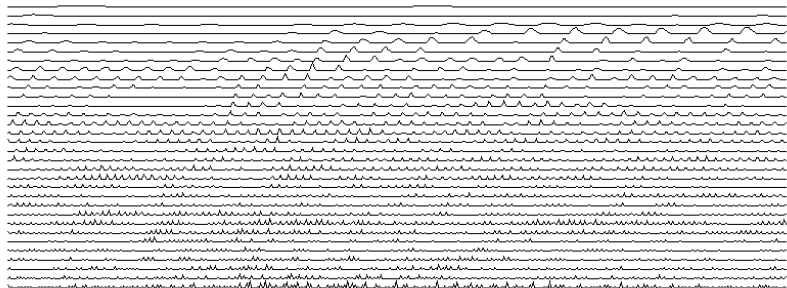


Figura: Música - canais

ch10, ch20, ch30

Exemplos

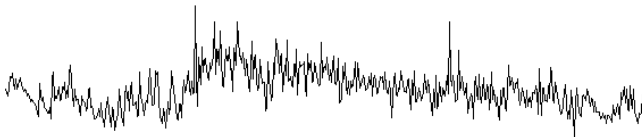


Figura: Soma dos Canais

Clique para tocar a música.
Música reconstruída com 22 canais.

Exemplos



Figura: Correlograma com 48 canais.

Clique para tocar.



Figura: Correlograma com 64 canais.

Clique para tocar.

Exemplos



Clique para tocar. [Figura:](#) Correlograma 440Hz Ch48.



Clique para tocar. [Figura:](#) Correlograma 880Hz Ch48.



Clique para tocar. [Figura:](#) Correlograma 1760Hz Ch48.

Surdez

Procedimento Cirúrgico

História dos Implantes Cocleares

Funcionamento

Aparelho

Processamento

Localização em frequência

Banco de Filtros

Retificador de Meia Onda

Estimulação

Exemplos

Reabilitação

Importância do acompanhamento pós Implante Coclear

Os implantes cocleares são passível de infecção.

Mostra aos ORLs, que além das limitações naturais do procedimento, existe um grande trabalho de suporte pós-operatório por parte de toda equipe.

Mapeamentos Regulares e Avaliações

- ▶ Avaliar e regular o funcionamento do IC
- ▶ Acompanhar o desenvolvimento da inteligibilidade e da fala

Acompanhamento

Sequência de acompanhamento nos pacientes pós linguais

1. Consultas médicas
2. Avaliação pós implante
3. Fonoterapia

Avaliação pós implante

Realizada por audiologista com experiência em explorações funcionais

Finalidade

definir a melhor regulação para o paciente, principalmente nas crianças e pré-linguais.

Candidatos Adultos Pós Linguais

- ▶ Pacientes acima de 18 anos com deficiência auditiva neurossensorial bilateral
- ▶ Ausência de benefício com aparelho de amplificação sonora individual (AASI)
- ▶ SRT $> 70\text{dB}$
- ▶ IRF $< 30\%$
- ▶ Leitura labial satisfatória
- ▶ Paciente e família empenhados e emocionalmente estáveis

Sequência de acompanhamento nos pacientes pós linguais

- ▶ Regulagem trimestral no 1º ano e posteriormente anual
- ▶ Níveis de reeducação: I - Ruídos comuns; II - Discriminação de vogais, consoantes e ritmos; III - Vogais, consoantes, fonemas e frases; IV - Listas abertas.

Candidatos Crianças

- ▶ Pacientes acima de 12 meses
- ▶ Baixo índice de reconhecimento auditivo, após habilitação intensa e especializada com AASI durante 6 meses
- ▶ Nas deficiências pré-linguais a idade limite para implantação é de aproximadamente 3 anos. Teoh SW, 2004
- ▶ Condições de reabilitação na cidade de origem

Sequência de acompanhamento nos pacientes pré linguais

- ▶ Habilitação intensiva com profissional capacitado (fonoterapia)
- ▶ Auri-oral
- ▶ Mapeamento: 2 em 2 meses no primeiro ano; 3 em 3 meses no segundo ano.

Gustavo



Figura: Vídeo do Gustavo

Clique para assistir ao vídeo.

Fatores que influenciam na evolução do paciente

- ▶ Indicação correta
- ▶ Número de eletrodos ativos
- ▶ Trauma de inserção
- ▶ Mapeamento
- ▶ Programa de (re)habilitação
- ▶ Participação da família
- ▶ Terapeuta-família-escola

Contra-Indicações

- ▶ Comprometimentos neurológicos associados à deficiência auditiva
- ▶ Comprometimentos médicos ou psicológicos que contra-indicuem a cirurgia
- ▶ Infecção ativa da orelha média
- ▶ Expectativas irreais, por parte da família ou paciente, com relação aos benefícios e limitações dos implantes cocleares





Avaliação Básica

- ▶ Otorrinolaringológica
- ▶ Exame ORL / TC / RNM
- ▶ Fonoaudiológica
- ▶ Avaliação, protetização, reabilitação e regulação do implante

Obrigado!!!



Figura: Obrigado !!!

-  Berger-Vachon, C. and Morgon, A. (1988).
An evaluation of auditory performance in patients with cochlear implants.
Speech Communication.
-  Chen, F. and Zhang, Y.-T. (2008).
A novel temporal fine structure-based speech synthesis model for cochlear implant.
Signal Processing.
-  Kronenberg, J., Migirov, L., and Dagan, T. (2001).
Suprameatal approach: new surgical approach for cochlear implantation.
The Journal of Laryngology and Otology.
-  Loizon, P. C. (1998).

Mimicking the human ear.

IEEE Signal Processing Magazine.



Throckmorton, C. S., Kucukoglu, M. S., Remus, J. J., and Collins, L. M. (2006).

Acoustic model investigation of a multiple carrier frequency algorithm for encoding fine frequency structure: Implications for cochlear implants.

Hearing Research.



Vermeire, K., Nobbe, A., Schleich, P., Nopp, P., Voormolen, M. H., and de Heyning, P. H. V. (2008).

Neural tonotopy in cochlea implants: An evaluation in unilateral cochlear implant patients with unilateral deafness and tinnitus.

Hearing Research.



Wilson, B. S. and Dorman, M. F. (2008).

Cochlear implants: A remarkable past and a brilliant future.
Hearing Research.



Wilson, B. S., Finley, C. C., Lawson, D. T., Wolford, R. D.,
Eddington, D. K., and Robinowitz, W. M. (1991).

Better speech recognition with cochlear implants.
Nature.