

# Result on speech perception after conversion from Spectra® to Freedom®

*Resultados na percepção de fala após conversão do Spectra® para Freedom®*

Ana Tereza de Matos Magalhães<sup>1</sup>, Maria Valéria Schmidt Goffi-Gomez<sup>2</sup>, Ana Cristina Hoshino<sup>3</sup>,  
Robinson Koji Tsuji<sup>4</sup>, Ricardo Ferreira Bento<sup>5</sup>, Rubens Brito<sup>6</sup>

## Keywords:

adult,  
audiometry,  
cochlear implants,  
speech discrimination  
tests,  
speech perception.

## Palavras-chave:

adulto,  
audiometria,  
implante coclear,  
percepção da fala,  
testes de  
discriminação da fala.

## Abstract

New technology in the Freedom® speech processor for cochlear implants was developed to improve how incoming acoustic sound is processed; this applies not only for new users, but also for previous generations of cochlear implants. **Aim:** To identify the contribution of this technology - the Nucleus 22® - on speech perception tests in silence and in noise, and on audiometric thresholds. **Methods:** A cross-sectional cohort study was undertaken. Seventeen patients were selected. The last map based on the Spectra® was revised and optimized before starting the tests. Troubleshooting was used to identify malfunction. To identify the contribution of the Freedom® technology for the Nucleus22®, auditory thresholds and speech perception tests were performed in free field in sound-proof booths. Recorded monosyllables and sentences in silence and in noise (SNR = 0dB) were presented at 60 dBSPL. The nonparametric Wilcoxon test for paired data was used to compare groups. **Results:** Freedom® applied for the Nucleus22® showed a statistically significant difference in all speech perception tests and audiometric thresholds. **Conclusion:** The Freedom® technology improved the performance of speech perception and audiometric thresholds of patients with Nucleus 22®.

## Resumo

As novas tecnologias do processador Freedom® foram criadas para proporcionar melhorias no processamento do som acústico de entrada, não apenas para novos usuários, como para gerações anteriores de implante coclear. **Objetivo:** Identificar a contribuição da tecnologia do processador de fala Freedom® para implante coclear multicanal, Nucleus22®, no desempenho de percepção de fala no silêncio e no ruído, e nos limiares audiométricos. **Material e Método:** A forma de estudo foi de coorte histórico com corte transversal. Dezesete pacientes preencheram os critérios de inclusão. Antes de iniciar os testes, o último mapa em uso com o Spectra® foi revisto e otimizado e o funcionamento do processador foi verificado. Os testes de fala foram apresentados a 60dBNPS em material gravado: monossílabos; frases em apresentação aberta no silêncio; e no ruído (SNR = 0dB). Foram realizadas audiometrias em campo livre com ambos os processadores de fala. A análise estatística utilizou testes não-paramétricos. **Resultados:** Quando analisada a contribuição do Freedom® para pacientes com Nucleus22®, observa-se diferença estatisticamente significativa em todos os testes de percepção de fala e em todos os limiares audiométricos. **Conclusão:** A tecnologia contribuiu no desempenho de percepção de fala e nos limiares audiométricos dos pacientes usuários de Nucleus22®.

<sup>1</sup> Mestranda pela FMUSP (Fonoaudióloga da Equipe de Implante Coclear do HCFMUSP).

<sup>2</sup> Doutora em Ciência pela Universidade Federal de São Paulo (Fonoaudióloga da divisão de Clínica Otorrinolaringológica do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da USP Coordenadora da equipe de fonoaudiologia do grupo de implante coclear do HCFMUSP).

<sup>3</sup> Doutoranda pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (Fonoaudióloga).

<sup>4</sup> Doutor pela Universidade de São Paulo - FMUSP (Médico otorrinolaringologista do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, coordenador do Grupo de Implante Coclear do HCFMUSP).

<sup>5</sup> Professor Titular do Departamento de Oftalmologia e Otorrinolaringologia da FMUSP - Disciplina de Otorrinolaringologia (Chefe do Departamento de Oftalmologia e Otorrinolaringologia da FMUSP).

<sup>6</sup> Professor Livre - Docente e Associado da Disciplina de Otorrinolaringologia da FMUSP (Médico Assistente da Divisão de Otorrinolaringologia do Hospital das Clínicas da Universidade de São Paulo).

Este artigo foi submetido no SGP (Sistema de Gestão de Publicações) da BJORL em 6 de junho de 2011. Cod. 8063.

Artigo aceito em 11 de outubro de 2011.

---

## INTRODUÇÃO

---

As primeiras cirurgias de implante coclear multicanal no Brasil foram realizadas em 1999<sup>1</sup>, utilizando o processador de fala *Spectra Bodyworn*, da Cochlear Corporation®, compatível com a unidade interna *Nucleus 22*®.

Ao longo dos anos, foram lançadas novas tecnologias e as empresas de implantes cocleares desenvolveram processadores de fala compatíveis com as unidades internas anteriores, evitando a necessidade de novo procedimento cirúrgico<sup>2-4</sup>.

Em 2006, foi lançado o processador *Freedom*® com novas tecnologias, dentre as quais dois microfones e novo chip para processamento do sinal, proporcionando melhorias no processamento do som acústico de entrada, não apenas para novos usuários, mas também para pacientes com gerações anteriores de implante coclear.

No ano de 2009, as peças de reposição para o sistema *Nucleus 22*® deixaram de ser fabricadas. O Ministério da Saúde, então, autorizou a troca, pelo Sistema Único de Saúde, de todos os processadores de fala *Nucleus 22*® por processadores de fala *Freedom*®.

Na literatura científica, vários estudos mostram vantagens da troca para processadores mais modernos; porém, a troca direta do *Spectra*® para *Freedom*® não foi estudada nem relatada<sup>3,5</sup>.

Portanto, este estudo teve por objetivo principal identificar a contribuição da tecnologia do processador de fala *Freedom*® para a primeira geração de implante coclear multicanal, *Nucleus 22*®. Para tanto, foram avaliados o desempenho de percepção de fala no silêncio e no ruído e os limiares audiométricos com os processadores de fala *Spectra*® e *Freedom*®.

---

## MÉTODO

---

Este projeto foi apresentado e aprovado pelo Comitê de Ética para Análise de Projetos de Pesquisa da instituição sob o protocolo número 0083/11. Os pacientes foram informados da pesquisa e assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido.

O desenho do estudo foi coorte histórico com corte transversal, de avaliação dos resultados obtidos com atualização da tecnologia do processador de fala do implante coclear *Nucleus 22*®.

Foram selecionados 43 pacientes implantados com *Nucleus 22*® no Grupo de Implante Coclear do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da USP. Desta amostra, cinco pacientes não são mais usuários de implante coclear, oito pacientes já eram usuários do processador *Freedom*®. O restante, 30 pacientes, mantinha o uso do processador *Spectra*® e compareceu para a troca dos processadores de fala oferecida pelo governo brasileiro por intermédio do Ministério da Saúde.

Foram incluídos na pesquisa os pacientes com uso efetivo do implante (8 horas por dia), e excluídos os pacientes com uso ocasional ou que não possuem percepção de frases em contexto fechado. Desta forma, seis pacientes não eram usuários efetivos, quatro pacientes eram crianças e três pacientes não apresentaram percepção de fala. Assim, a pesquisa incluiu 17 pacientes.

Os pacientes convocados seguiram o seguinte protocolo, dividido em três etapas:

### a. Primeira etapa: otimização do mapa atual e verificação do funcionamento do processador *Spectra*®

Na primeira etapa, o último mapa em uso pelo paciente com o processador *Spectra*® foi revisto e atualizado segundo a rotina de programação com o *software Custom Sound 2.0*®. Foram pesquisados os níveis mínimos de estimulação (nível T) para os quais o paciente identifica 100% das apresentações; os níveis máximos de estimulação (nível C) para os quais a corrente elétrica apresentada é confortável e foi realizado o balanceamento da intensidade do nível C. Antes da realização dos testes, o funcionamento do processador *Spectra*® foi assegurado, com a verificação de fios, transmissão da antena e microfone, utilizando-se um verificador de sinal e o fone de monitorização. Caso fosse identificada alguma falha, o componente seria substituído antes dos testes.

### b. Segunda etapa: programação do processador *Freedom*®

Foi realizada a troca do processador *Freedom*®, mantendo-se todos os demais parâmetros do mapa original: velocidade total de estimulação e modo de estimulação e sem estratégias de pré-processamento do sinal. Foi realizado o balanceamento da intensidade dos níveis de estimulação T e C com o uso do *software Custom Sound 2.0*®.

### c. Terceira etapa: avaliação dos limiares audiométricos e provas de percepção de fala

Foram realizadas audiometrias em campo livre tanto com o processador de fala *Spectra*® quanto com o processador de fala *Freedom*®. Para o cálculo estatístico, foram consideradas as médias dos limiares audiométricos de 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz e 4000 Hz<sup>6</sup> e os limiares das frequências individualmente.

Na mesma sessão, após a programação para todos os mapas, as seguintes provas de percepção de fala foram realizadas em campo livre em cabina acusticamente tratada, com material gravado em CD apresentado a 60dB SPL<sup>7</sup>:

- Monossílabos<sup>8,9</sup>;
- Frases em apresentação aberta no silêncio<sup>10</sup>;
- Frases em apresentação aberta no ruído com SNR = 0dB<sup>10</sup>

\* estes testes somente foram aplicados quando o desempenho de frases no silêncio for superior a 50%.

A ordem de realização dos testes com os mapas do processador *Spectra*<sup>®</sup> e os novos mapas com o processador *Freedom*<sup>®</sup> foi randomizada usando o *software* disponível em [www.randomizer.org](http://www.randomizer.org).

Os limiares audiométricos, porcentagem de acertos nos testes de percepção da fala são apresentados como média e desvio padrão (DP) e também como mediana e o percentil 25% e 75% (P25% e P75%, respectivamente). Considerando o pequeno tamanho da amostra, a natureza ordinal e distribuições assimétricas de algumas variáveis, o teste não paramétrico de *Wilcoxon* para dados pareados foi utilizado para comparar grupos. A análise de sensibilidade paramétrica utilizando o *teste t* foi feita em todas as comparações e não alterou os resultados. Foi considerada  $p < 0,05$  com significância estatística.

As análises estatísticas foram realizadas com o *software* STATA (versão 11.1).

## RESULTADOS

Na Tabela 1, encontram-se os dados demográficos da amostra.

A maioria da amostra conta com pacientes experientes, com mais de 8 anos de uso do implante coclear. Apenas dois são adolescentes, sendo que um deles apresenta surdez congênita.

Quando analisada a contribuição do *Freedom*<sup>®</sup> para pacientes com *Nucleus 22*<sup>®</sup>, observa-se diferença estatisticamente significativa em todos os testes de percepção de fala e em todos os limiares audiométricos,

tanto individualmente quanto na média, exceto em 8000 Hz (Tabelas 2 e 3).

## DISCUSSÃO

A troca dos processadores de *Spectra*<sup>®</sup> para *Freedom*<sup>®</sup> mostrou que a tecnologia melhorou a percepção de fala dos usuários do *Nucleus 22*<sup>®</sup>. Mesmo mantendo-se os mesmos parâmetros de modo de estimulação, velocidade total e número de eletrodos ativos, pode-se observar diferença estatística em todos os testes e em todos os limiares audiométricos (Tabelas 2 e 3).

A literatura científica tem demonstrado que existem vantagens quando ocorre a troca do processador de fala por dispositivos mais modernos. Dodd et al.<sup>3</sup> apresentaram os resultados da troca do processador de caixa *Spectra*<sup>®</sup> pelo processador retroauricular *ESPril*<sup>®</sup> em 100 crianças. E concluíram que a conversão foi viável em todos os casos estudados, apesar dos testes de fala e limiares audiométricos não mostrarem diferenças significativas.

Santarelli et al.<sup>5</sup> avaliaram a percepção de fala em 17 crianças pré-linguais usuárias de *Nucleus 24*<sup>®</sup> com os processadores *SPrint*<sup>®</sup> e *ESPril 3G*<sup>®</sup>, após um mês de uso do processador *Freedom*<sup>®</sup>. Como resultados, as crianças apresentaram melhora significativa nos testes de palavras dissílabas em presença de ruído, identificação de consoantes e reconhecimento de sentenças. Estas melhoras na discriminação fonêmica podem ser explicadas pelo aumento do campo dinâmico de entrada com o novo processador. Concluíram que a percepção de fala

**Tabela 1.** Dados demográficos da amostra.

Pacientes	Sexo <sup>a</sup>	Idade (anos)	Etiologia	Tempo de surdez (anos)	Tempo de uso do IC <sup>b</sup> (anos)	Número eletrodos ativos no mapa (canais ativos)
S1	M	50	Progressiva	15	8	15 (17)
S2	M	68	Progressiva	10	9	16 (18)
S3	F	47	Catapora	23	9	16(18)
S4	F	63	Otosclerose	5	10	14 (16)
S5	M	82	Desconhecida	2	11	20 (20)
S6	M	49	Traumatismo Crânio Encefálico	2	10	20 (20)
S7	M	69	Progressiva	3	9	18 (20)
S8	F	43	Meningite	1	11	16 (18)
S9	F	15	Congênita	7	8	18 (20)
S10	M	29	Progressiva	4	10	20 (20)
S11	F	47	Meningite	28	10	20 (20)
S12	F	43	Meningite	27	8	18 (20)
S13	M	58	Traumatismo Crânio Encefálico	2	8	18 (20)
S14	M	17	Meningite	1	8	5 (5)
S15	F	30	Desconhecida	4	9	18 (20)
S16	M	50	Desconhecida	11	11	20 (20)
S17	F	44	Desconhecida	9	8	19 (19)

<sup>a</sup>M - masculino; F - feminino; <sup>b</sup>IC - implante coclear.

**Tabela 2.** Resultados de percepção de fala com ambos os processadores de fala.

	Spectra®			Freedom®			p'(Wilcoxon)
	Mediana (P25%, P75% <sup>c</sup> )	Média (DP <sup>d</sup> )	n <sup>e</sup>	Mediana (P25%, P75% <sup>c</sup> )	Média (DP <sup>d</sup> )	n <sup>e</sup>	
Monossílabos	16 (4, 32)	20.9 (18.2)	17	36 (20, 56)	34.8 (19.9)	17	0.0011*
Frases no Ruído	0 (0, 60)	26.5 (32.8)	17	40 (10, 80)	46.5 (36.7)	17	0.0021*
Frases no Silêncio	20 (0, 30)	20.0 (18.7)	9	60 (60, 70)	56.7 (26.0)	9	0.0174*

<sup>c</sup>P25%: porcentagem 25%; P75%: porcentagem 75%; <sup>d</sup>DP: desvio padrão; <sup>e</sup>n: número de pacientes; <sup>f</sup>p < 0,05. (\*) resultado estatisticamente significativo.

**Tabela 3.** Resultados dos limiares audiométricos com ambos os processadores de fala.

	Spectra®			Freedom®			p'(Wilcoxon)
	Mediana (P25%, P75% <sup>c</sup> )	Média (DP <sup>d</sup> )	n <sup>e</sup>	Mediana (P25%, P75% <sup>c</sup> )	Média (DP <sup>d</sup> )	n <sup>e</sup>	
250 Hz	50 (45, 55)	49.4 (13.3)	17	35 (30, 40)	35.0 (9.8)	17	0.0004*
500 Hz	55 (45, 55)	52.1 (7.5)	17	40 (35, 40)	37.6 (5.6)	17	0.0004*
1000 Hz	45 (45, 50)	47.4 (6.6)	17	30 (25, 35)	29.7 (6.2)	17	0.0002*
1500 Hz	45 (40, 50)	46.5 (8.4)	17	30 (25, 35)	30.0 (8.8)	17	0.0003*
2000 Hz	50 (40, 55)	47.6 (8.9)	17	30 (25, 35)	31.2 (8.2)	17	0.0003*
3000 Hz	50 (45, 55)	49.1 (8.9)	17	35 (25, 40)	33.5 (9.3)	17	0.0005*
4000 Hz	55 (45, 55)	53.5 (9.5)	17	45 (30, 45)	38.5 (9.1)	17	0.0004*
6000 Hz	55 (45, 65)	58.2 (12.9)	17	40 (30, 50)	41.2 (16.3)	17	0.0007*
8000 Hz	60 (50, 75)	63.5 (15.2)	17	80 (70, 90)	74.7 (16.4)	17	0.0084*
BIAP <sup>g</sup>	48.7 (45, 53.7)	50.1 (6.3)	17	35 (28.7, 38.7)	34.3 (5.9)	17	0.0003*

<sup>c</sup>P25%: porcentagem 25%; P75%: porcentagem 75%; <sup>d</sup>DP: desvio padrão; <sup>e</sup>n: número de pacientes; <sup>f</sup>p < 0,05; (\*) resultado estatisticamente significativo; <sup>g</sup>BIAP, 1996: média dos limiares de 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz e 4000 Hz.

foi superior com o *Freedom*®, sendo aconselhável a troca para a nova geração de processadores. Além disso, todas as crianças mostraram preferência pelo novo processador.

Isso mostra a importância e o cuidado das empresas de implantes cocleares em desenvolverem novos processadores compatíveis com as unidades internas de gerações anteriores, para que estes pacientes possam usufruir da nova tecnologia e, conseqüentemente, melhorar seu desempenho, mas também permitir flexibilidade na programação, mantendo as características e as preferências do antigo programa em uso pelo paciente.

A possibilidade de manter os mesmos parâmetros do processador antigo em uso mostra que apenas as mudanças do microfone e do processamento do sinal já foram suficientes para a contribuição do novo processador na melhoria da percepção de fala.

Um dos parâmetros mantidos foi o modo de estimulação. Quando um eletrodo é estimulado, a corrente flui do eletrodo ativo para o eletrodo terra e quanto mais amplo o espaçamento entre os eletrodos, menor a corrente necessária.

Apesar do *Freedom*® ter como padrão modo de estimulação BP+3 (bipolar, um eletrodo ativo e o outro como indiferente) para usuários de *Nucleus 22*®, todos os pacientes puderam manter seus modos de estimulação. Com a finalidade de analisar somente o benefício de outros parâmetros estudados, sem prejudicar o consumo de baterias, foram mantidos os modos de estimulação

utilizados, no caso, BP+1 para todos, exceto um paciente que usava modo CG (*common ground*, faz uso de todos os eletrodos como eletrodos indiferentes). O consumo de baterias foi medido pelo *software Custom Sound 2.0*®, obtendo-se uma média de 8,6 horas para as baterias recarregáveis e 24,1 horas para as três pilhas tamanho 675. Apenas dois pacientes apresentaram problemas com consumo, com apenas 6 horas, solucionados com a troca da força do ímã da antena.

Nesta mesma amostra, outros recursos tecnológicos foram analisados, como o efeito da tabela de alocação de frequências e o efeito do T-SPL de 25dB e do C-SPL de 65dB, que serão publicados posteriormente.

## CONCLUSÃO

A tecnologia do processador *Freedom*® nos usuários de *Nucleus 22*® mostrou melhora estatisticamente significativa em todos os testes de fala no silêncio realizados a 60 dB e no ruído com relação sinal/ruído de 0 dB, como também em todos os limiares audiométricos.

## REFERÊNCIAS

1. Bento RF, Brito Neto RV, Castilho AM, Goffi-Gomez MVS, Sant'Anna SBG, Guedes MC. Resultados auditivos com o implante coclear multicanal em pacientes submetidos à cirurgia no Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo. *Rev Bras Otorrinolaringol.* 2004;70(5):632-7.

- 
2. Parkinson AJ, Parkinson WS, Tyler RS, Lowder MW, Gantz BJ. Speech perception performance in experienced cochlear-implant patients receiving the SPEAK processing strategy in the Nucleus Spectra-22 cochlear implant. *J Speech Lang Hear Res.* 1998;41(5):1037-87.
  3. Dodd MC, Nikolopoulos TP, Totten C, Cope Y, O'Donoghue GM. Cochlear implants: 100 pediatric case conversions from the body worn to the nucleus esprit 22 ear level speech processor. *Otol Neurotol.* 2005;26(4):635-8.
  4. Välimaa TT, Löppönen HJ. Comparison of the body-worn CIS-PRO and the behind-the-ear-worn TEMPO cochlear implant systems in Finnish-speaking adult CI users: any differences in results with experienced listeners? *Acta Otolaryngol.* 2008;128(9):984-91.
  5. Santarelli R, Magnavita V, De Filippi R, Ventura L, Genovese E, Arslan E. Comparison of speech perception performance between Sprint/Esprit 3G and Freedom processors in children implanted with Nucleus Cochlear Implants. *Otol Neurotol.* 2009;30(3):304-12.
  6. Bureau International d'Audio Phonologie. Audiometric classification of hearing impairment: recommendation 02/1, 1996. Disponível em: <http://www.biap.org/biapanglais/rec021eng.htm> Acessado em 20 de dezembro de 2010.
  7. Goffi-Gomez MVS, 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 Int Otorrinolaringol.* 2004;8(4):303-13.
  8. Pen MG, Mangabeira-Albernaz PL. Lista de monossílabos para discriminação vocal. Em: Mangabeira-Albernaz PL, Ganança MM, editores. *Surdez neuro-sensorial.* São Paulo: Moderna; 1976. p.20.
  9. Pereira LD, Schochat E. *Processamento auditivo central: manual de avaliação.* 1a ed. São Paulo: Lovise; 1997.
  10. Costa MJ, Iorio MCM, Mangabeira-Albernaz PL. Desenvolvimento de um teste para avaliar a habilidade de reconhecer a fala no silêncio e no ruído. *Pro Fono.* 2000;12(2):9-16.