

# Evaluation of the Digisonic® SP cochlear implant: patient outcomes and fixation system with titanium screws

*Avaliação do implante coclear Digisonic® SP: evolução dos pacientes e sistema de fixação com parafusos de titânio*

Guilherme Machado de Carvalho<sup>1</sup>, Alexandre Caixeta Guimarães<sup>2</sup>, Fabiana Danieli<sup>3</sup>,  
Lúcia Cristina Beltrame Onuki<sup>4</sup>, Jorge Rizzato Paschoal<sup>5</sup>, Walter Adriano Bianchini<sup>6</sup>, Arthur Menino Castilho<sup>7</sup>

## Keywords:

cochlear implantation,  
deafness,  
electrodes, implanted,  
hearing loss  
sensorineural,  
prostheses and  
implants.

## Palavras-chave:

eletrodos implantados,  
implante coclear,  
perda auditiva  
neurossensorial,  
próteses e implantes,  
surdez.

## Abstract

Cochlear implants have revolutionized the way patients affected by severe hearing loss experience the world. Neurelec developed a fixation system with two titanium screws that requires no skull bone drilling. **Objective:** To describe the outcomes and procedure-related details of a series of patients implanted with the Digisonic® SP cochlear implant. **Method:** This retrospective study analyzed patients submitted to cochlear implant placement within a period of 18 months. All patients had postlingual hearing impairment. Data was collected from patient charts and standard questionnaires answered by the surgeons in charge of carrying out the procedures. **Results:** The six patients offered the Digisonic® SP cochlear implants were operated by experienced surgeons. The procedures took 95 to 203 minutes (mean = 135') to be completed, which is less time than what has been described for other fixation approaches. No complications were recorded and hearing improvement was satisfactory. **Conclusion:** The Digisonic® SP cochlear implant developed by Neurelec offered good audiological results for adult patients, shorter surgery time, and no surgical or postoperative complications.

## Resumo

O implante coclear para pacientes com disacusia grave/profunda revolucionou o modo com que estes interagem com o meio ambiente. A Neurelec desenvolveu um sistema que permite fixação com uso de dois simples parafusos de titânio, sem necessidade de broqueamento do osso do crânio do paciente. Este artigo teve o objetivo de descrever uma casuística de pacientes submetidos a implante coclear com o Digisonic® SP, para mostrar os resultados cirúrgicos e detalhes do procedimento. **Método:** Estudo retrospectivo que avaliou os pacientes, no período de 18 meses, submetidos a implante coclear com o Digisonic® SP. Todos os pacientes eram pós-linguais. Coleta dos dados realizada por meio da análise dos prontuários dos pacientes, além de questionário padronizado aplicado nos cirurgiões que realizaram o procedimento. **Resultados:** Os seis casos implantados com o Digisonic® SP foram realizados por cirurgiões experientes e o tempo cirúrgico variou de 95 a 203 minutos (média de 135 minutos), que é menor do que o descrito com outras formas de fixação. Não houve nenhum tipo de complicação e o ganho auditivo foi satisfatório. **Conclusão:** O implante Digisonic® SP desenvolvido pela Neurelec apresentou bons resultados audiológicos em adultos, tempo de cirurgia menor e não ocorreram complicações cirúrgicas ou pós-operatórias.

<sup>1</sup> Mestre em Medicina (M.D.), Médico Otorrinolaringologista (Fellow em Otologia. UNICAMP).

<sup>2</sup> Médico (Residente em Otorrinolaringologia. UNICAMP).

<sup>3</sup> Mestre em Bioengenharia (Especialista em Implante Coclear).

<sup>4</sup> Fonoaudióloga (Especialista em Implante Coclear. UNICAMP).

<sup>5</sup> M.D., Ph.D. Médico Otorrinolaringologista (Docente da Disciplina de Otorrinolaringologia. Chefe do serviço de Otologia. UNICAMP).

<sup>6</sup> Mestre em Medicina. Médico Otorrinolaringologista (Chefe e Coordenador do serviço de Otologia, Audiologia, Implante Coclear e Próteses auditivas implantáveis. UNICAMP).

<sup>7</sup> M.D., Ph.D. Médico Otorrinolaringologista (Chefe e Coordenador do serviço de Otologia, Audiologia, Implante Coclear e Próteses auditivas implantáveis. UNICAMP).

Otologia, Audiologia e Próteses Auditivas Implantáveis. Departamento de Otorrinolaringologia e Cirurgia de Cabeça e Pescoço. E-mail: otorrino@fcm.unicamp.br  
Endereço para correspondência: Dr. Guilherme Machado de Carvalho. Disciplina de Otorrinolaringologia - UNICAMP. Faculdade de Ciências Médicas. Universidade de Campinas - UNICAMP. Campinas - SP, Brasil. CEP: 13083-970. Caixa Postal: 6111.

Tel: +55 (19) 3521-7523. Fax: +55 (19) 3521-7563. E-mail: guimachadocarvalho@gmail.com

Este artigo foi submetido no SGP (Sistema de Gestão de Publicações) da BJORL em 6 de agosto de 2012. cod. 9938.

Artigo aceito em 2 de outubro de 2012.

## INTRODUÇÃO

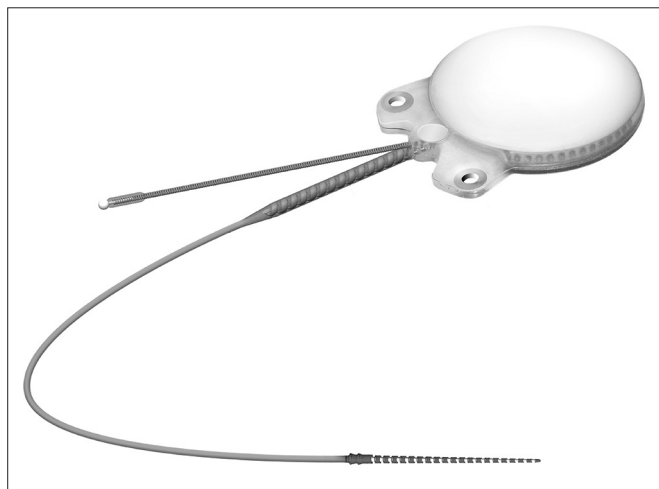
O implante coclear, desde sua introdução como ferramenta de reabilitação auditiva para pacientes surdos ou com disacusia grave e/ou profunda, revolucionou o modo com que estes pacientes interagem com outros indivíduos e com o meio ambiente. Eles têm apresentado bons resultados com melhora da percepção da fala em todas as faixas etárias<sup>1-3</sup>. A cirurgia do implante coclear resulta em melhora da qualidade de vida para todos pacientes, sendo mais significativa para aqueles com menos de 65 anos<sup>4</sup>.

A cirurgia é segura e confiável, entretanto, complicações cirúrgicas ocorrem em cerca de 16% dos pacientes, sendo que as maiores e mais frequentes estão relacionadas à inserção dos eletrodos na cóclea, ocorrendo em torno de 4% dos casos<sup>5</sup>.

A migração do componente interno é um problema descrito por muitos autores e pode favorecer um mau funcionamento do dispositivo implantado e facilitar infecções<sup>6-8</sup>. Na literatura, encontram-se diversas técnicas de cirurgia de implante coclear, principalmente com situações menos invasivas<sup>9-11</sup>.

O tempo cirúrgico de confecção do leito para posicionar o componente interno é um passo importante, dispendioso e foco de muito investimento por parte das indústrias de implantes cocleares<sup>12,13</sup>. Por conta disso, aumenta-se o gasto com o desenvolvimento de instrumentais cirúrgicos e novos materiais, como placas de titânio, tela de prolipropileno, GORE-TEX, reabsorvíveis, entre outros<sup>14-16</sup>.

Com relação à fixação do componente interno, a Neurelec Inc (Sophia-Antipolis, França) desenvolveu um sistema que permite a fixação com o uso de apenas dois simples parafusos de titânio, sem que haja qualquer necessidade de broqueamento do osso do crânio do paciente<sup>17</sup> (Figura 1).



**Figura 1.** Ilustração mostra o componente interno onde há o receptor, estimulador e região magnética, numa pequena estrutura de cerâmica selados numa base de titânio. Atente para o nicho lateral dos dois parafusos fixadores - Digisonic® SP desenvolvido pela Neurelec.

Portanto, o objetivo desse estudo é descrever a casuística de pacientes de hospital terciário especializado submetidos à cirurgia de implante coclear com o Digisonic® SP, com intuito de mostrar os resultados clínico-audiológicos pós-cirúrgicos e detalhes do procedimento, nos últimos 18 meses.

## MÉTODO

Trata-se de um estudo retrospectivo, realizado em hospital terciário especializado, que avaliou os pacientes, no período de 18 meses, que foram submetidos à cirurgia de implante coclear com o Digisonic® SP.

Para a realização, foi elaborado um protocolo para coleta dos dados com armazenamento digital. Os dados analisados foram: idade, gênero, etiologia da surdez, tempo de hipoacusia, lado implantado, dados audiométricos pré e pós-operatórios (audiometria e teste de percepção de fala), tempo da cirurgia, tempo para fixação do componente interno, complicações do procedimento, tempo de seguimento em meses. Todos os pacientes dessa casuística são pós-linguais (perda da audição após desenvolvimento de fala, linguagem e ter tido audição prévia).

A coleta dos dados foi realizada por intermédio da análise dos prontuários dos pacientes, além de questionário padronizado aplicado nos cirurgiões que realizaram o procedimento.

Foram respeitados os preceitos éticos da instituição e os dados foram mantidos de forma anônima.

### Pacientes

Foram selecionados os pacientes submetidos à cirurgia do implante coclear com o Digisonic® SP, no período de 18 meses. Todos os pacientes realizaram um protocolo pré-operatório com investigação etiológica (testes laboratoriais e genéticos), radiológicos (tomografia computadorizada e ressonância nuclear magnética de ouvidos e mastoides), avaliação psicológica, além de uma completa avaliação fonoaudiológica.

### Dispositivo

O sistema de implante coclear Digisonic® SP, composto pelo implante Digisonic SP e pelos processadores de fala Digi SP ou Digi SP\*K, foi lançado no mercado pela empresa francesa Neurelec S.A. no ano de 2004. Tal dispositivo corresponde à última versão disponível do componente implantável desenvolvido pela empresa e apresenta diversos avanços em relação às prévias gerações. O aumento do número de eletrodos no feixe, permitindo um maior número de canais ativos para estimulação e melhor representação espectral dentro da cóclea, o sistema de fixação do receptor-estimulador com a utilização de dois parafusos de titânio e o aumento da taxa de estimulação com a inclusão da estratégia de processamento do som “*Mean Peak Interleaved Sampling*” (MPIS), são as principais características dele.

### Componente interno do dispositivo

O componente interno desenvolvido pela Neurelec, o Digisonic® SP, está demonstrado na Figura 1.

O receptor-estimulador (RE) é composto de uma cápsula de cerâmica em formato convexo, uma base de titânio plana e uniforme, ambas envolvidas hermeticamente por um revestimento em silicone biocompatível. O Digisonic® SP é extremamente compacto e tanto seus componentes eletrônicos relacionados à decodificação do sinal quanto o magneto interno estão compreendidos em uma única estrutura, denominada estrutura “monobloco”, a qual apresenta cerca de 30 milímetros de diâmetro.

As características do Digisonic® SP estão descritas na Tabela 1.

O dispositivo apresenta um sistema de fixação composto de dois parafusos de titânio, com aproximadamente 3,4 mm de comprimento a serem fixados em dois

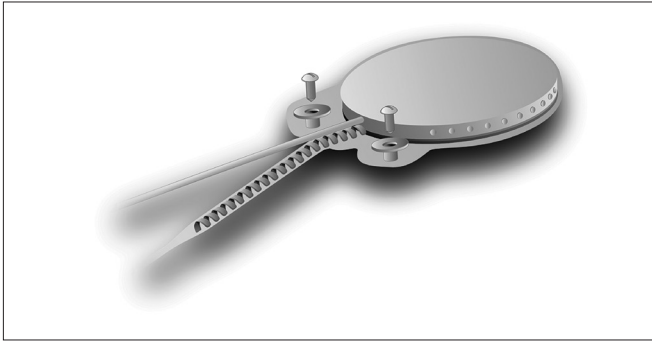
pequenos orifícios de titânio de cerca de 5 milímetros de diâmetro, revestidos por silicone e posicionados nas extremidades do receptor-estimulador, como demonstrado nas Figuras 2 e 3. Os parafusos apresentam uma penetração óssea de 1,91 mm<sup>17</sup>.

A estrutura compacta e o sistema de fixação com a utilização de parafusos do Digisonic® SP permitem a realização de um procedimento cirúrgico mais rápido e menos invasivo, sem a necessidade de perfuração ou sutura óssea para posicionamento e/ou fixação do implante<sup>17</sup>.

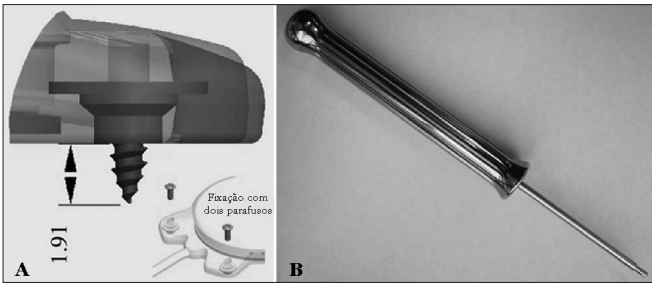
O Digisonic® SP apresenta eletrodos atraumáticos e flexíveis, que se ajustam rapidamente ao local em que foram posicionados, ligados ao RE por uma conexão reforçada. O feixe é composto de 20 eletrodos de platina-irídio, que possibilitam a estimulação de até 20 canais ao longo da cóclea, com comprimento ativo de 25 mm e taxa de estimulação de até 1.000 pulsos por segundo para cada

**Tabela 1.** Características técnicas do Digisonic® SP.

Características	Observações
Indicações	Cóclea normal ou ossificada
Propriedades Mecânicas	
Dimensões receptor	4,9 mm borda - 5,75 mm centro - 30,2 mm de diâmetro
Peso	10,5 g
Materiais receptor	Base titânio - Cápsula Cerâmica A1203 - Envelope de Silicone
Estimulação	
Modo de Estimulação	Monopolar ou “Common Ground”- Pulsos bifásicos
Frequência de Estimulação	Até 2400 pulsos por segundo
Duração do pulso	De 1 a 120 µs (resolução = 0,5 µs)
Amplitude do pulso	Ajustável
Impedância dos eletrodos	Menor que 2kΩ
Capacidade de acoplamento dos eletrodos	Média de corrente residual inferior a 100 nA
Segurança	
Cirurgia	Fixação com dois parafusos de titânio com aderência óssea
Profundidade de inserção dos eletrodos	25 mm
Cocleostomia	1 mm
Compatibilidade com Ressonância Magnética	Compatível (1,5 Tesla)
Eletrodos de Referência (terra)	2
Feixe de Eletrodos	
Materiais	Platina-irídio, silicone
Eletrodos Ativos	20
Comprimento ativo do feixe de eletrodos	25 mm
Diâmetro da base (anel de silicone)	1,07 mm
Diâmetro do ápice (extremidade distal)	0,5 mm
Superfície dos eletrodos	0,63 mm <sup>2</sup> a 1,1 mm <sup>2</sup>
Tipo de feixe de eletrodos	Reto com memória
Medidas Objetivas	
Permite a realização de potenciais de tronco cerebral evocados eletricamente (EABR), reflexos estapedianos e testes psicoacústicos (como o teste de gap, etc.). Sistema Diagnóstico USB Digistim® SP (Compatível com Windows 98SE, ME, 2000, XP e VISTA®).	



**Figura 2.** Sistema de fixação do Digisonic® SP.



**Figura 3.** Ilustração do sistema de fixação do Digisonic® SP com utilização de dois parafusos de titânio, que necessitam penetrar no osso temporal 1,91 mm. Não há necessidade de qualquer broqueamento ou preparo da região. Desenvolvido pela Neurelec S.A.

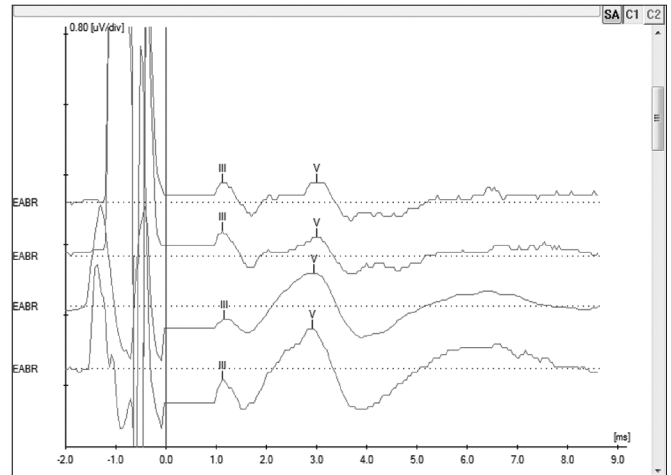
canal de estimulação, com a utilização da estratégia de processamento MPIS. Apresenta, também, anéis de silicone para facilitar a sua inserção<sup>18</sup>.

O dispositivo interno é composto de um sistema de telemetria bidirecional que permite o registro da impedância dos eletrodos. Este registro é possível pela utilização da interface diagnóstica Digistim SP e *software* Digistim for Windows SP®, versão atual 1.9.15, que possibilita, também, a realização de demais medidas objetivas, como a pesquisa dos potenciais de tronco cerebral evocados eletricamente (EABR) e dos limiares do reflexo estapediano evocados eletricamente (ERST)<sup>18</sup>.

O EABR é realizado rotineiramente na etapa intraoperatória com o intuito de verificar o funcionamento do dispositivo e se as fibras neurais periféricas auditivas estão sendo estimuladas efetivamente<sup>19</sup>. Além disso, é possível por meio de seus resultados prever os níveis psicofísicos para a posterior programação do processador de fala<sup>20</sup>, especialmente importante no caso das crianças. O mesmo é realizado no final do procedimento cirúrgico, ainda com o paciente sob efeito da anestesia geral.

O procedimento compreende a estimulação elétrica das fibras neurais, realizada a partir dos eletrodos inseridos na cóclea, e a captação das respostas via equipamento convencional de registro dos potenciais evocados auditivos de tronco cerebral (PEATE) e cabo de sincronização. É possível visualizar as ondas II, III e V, sendo as duas

últimas mais comumente observadas, e a presença da onda V indicativa de estimulação efetiva do nervo auditivo. As latências absolutas das referidas ondas encontram-se diminuídas quando comparadas ao PEATE convencional, visto que a estimulação no EABR é realizada diretamente no nervo auditivo, por meio dos eletrodos do feixe do implante<sup>20</sup> (Figura 4).



**Figura 4.** Registro dos potenciais de tronco cerebral evocados eletricamente medidos na etapa intraoperatória do sujeito 5 para os eletrodos 19, 14 e 9 e 6 por meio da Interface Navigator Pro e Software AEP versão 7.0.0, Biologic. Observa-se a presença das ondas III e V, demonstrando estimulação efetiva das fibras neurais.

O Digisonic® SP é compatível com exames de Ressonância Magnética (RM) até 1.5 Tesla, seguindo-se as devidas recomendações<sup>18</sup>.

## RESULTADOS

A Tabela 1 ilustra as características e detalhes técnicos do dispositivo utilizados nas cirurgias descritas.

As Tabelas 2 e 3 evidenciam os dados gerais e específicos dos pacientes implantados com o Digisonic® SP.

Na Tabela 4, temos os dados sobre as ocorrências durante o procedimento cirúrgico e o tempo de duração do procedimento.

Nenhum paciente apresentou alterações radiológicas, tanto na ressonância nuclear magnética quanto na tomografia computadorizada.

Em todos os procedimentos foi realizada a pesquisa dos potenciais de tronco cerebral evocados eletricamente (EABR) e dos limiares do reflexo estapediano evocados eletricamente (ERST), no final da cirurgia, ainda com o paciente anestesiado. Em todos os casos, o resultado desse exame foi satisfatório e mostrou eficácia do dispositivo.

Os gráficos abaixo mostram os exames audiométricos pré e pós-operatórios dos pacientes operados (Figura 5).

**Tabela 2.** Dados gerais dos casos implantados.

Sujeito	Sexo	Idade*	Tempo de DA*	Etiologia DA	Data IC	Data Ativação	Lado IC
1	M	50	25**	Infecçiosa	12/04/11	31/05/11	Esquerdo
2	F	33	21	Idiopática (Progressiva)	23/10/10	01/12/10	Direito
3	F	30	10	Ototoxicidade	28/09/11	25/10/11	Esquerdo
4	F	52	15	Idiopática	30/08/11	25/10/11	Esquerdo
5	M	20	9	Idiopática (Progressiva)	20/03/12	26/14/12	Direito
6	F	26	20	Rubéola	14/12/11	02/02/12	Esquerdo

\* Tempo em anos. \*\* Teve disacusia no OD quando tinha 1 ano de vida, e com 25 anos após meningite teve agravamento OE. Com 49 anos teve TCE como qual perdeu os resquícios no OE. M: Masculino; F: Feminino; DA: Disacusia Auditiva; IC: Implante Coclear.

**Tabela 3.** Dados específicos dos pacientes implantados.

Sujeito	Local Inserção Eletrodo	Tipo de Eletrodo	Canais ativos	Processador externo	Follow Up*
1	Cocleostomia	Digisonic® SP	Todos	Digi SP®	15
2	Cocleostomia	Digisonic® SP	Todos	Digi SP®	33
3	Cocleostomia	Digisonic® SP	Todos	Digi SP®	10
4	Cocleostomia	Digisonic® SP	Todos	Digi SP®	11
5	Cocleostomia	Digisonic® SP	Todos	Digi SP®	4
6	Cocleostomia	Digisonic® SP	Todos	Digi SP®	8

\* em meses.

**Tabela 4.** Dados cirúrgicos dos pacientes implantados.

Sujeito	Tempo total*	Tempo da fixação*	Economia de Tempo*, **	Intercorrências (intra-op/pós-op)***
1	158	3,58	30	Ausentes
2	203	5,60	30	Ausentes
3	144	4,12	30	Ausentes
4	100	4,68	30	Ausentes
5	109	3,44	30	Ausentes
6	95	6,01	30	Ausentes

\* em minutos. \*\* relatado pelo cirurgião a economia de tempo na confecção da fixação do componente interno. Foi calculado o tempo médio desse passo cirúrgico (confecção nicho componente interno) por meio da análise de 10 casos aleatórios realizados no mesmo período do grupo estudado, pelos mesmos cirurgiões, porém, com próteses com diferentes sistemas de fixação (broqueamento do osso temporal para confecção do nicho). \*\*\* erros de fixação, sangramentos, lesão de estruturas nobres, infecções, deiscências, migração do componente interno, migração dos eletrodos, necessidades de explante, colesteatomas, otite médias.

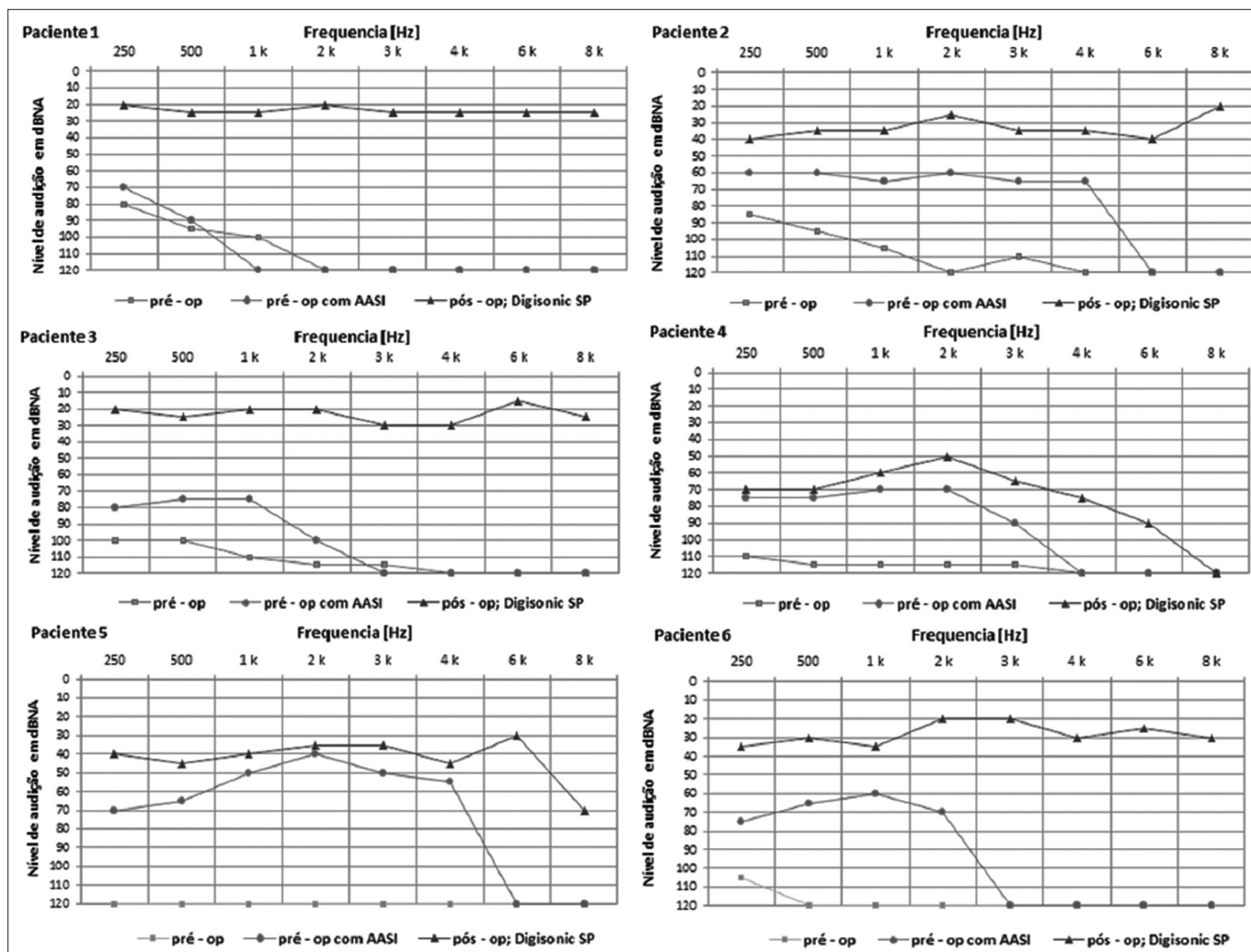
## DISCUSSÃO

O implante coclear Digisonic® SP, desenvolvido pela Neurelec, possui um sistema de fixação com o uso de dois parafusos de titânio, poupando a necessidade de confecção de sítio para o componente interno do implante coclear, sem a necessidade de broqueamento do osso do crânio do paciente. Além de diminuir os riscos e complicações que possam estar associadas à confecção do nicho do implante coclear, este sistema de fixação visa diminuir o tempo cirúrgico.

Em nosso estudo, os seis casos de implante com o Digisonic® SP foram realizados por cirurgiões experientes e o tempo cirúrgico variou de 95 a 203 minutos, com média de 135 minutos. O tempo médio de cirurgia de implante coclear convencional realizado por um cirurgião

experiente foi de 255 minutos, quando utilizada a incisão retroauricular em S com confecção do nicho do implante, e de 200 minutos, quando utilizada pequena incisão retroauricular e bolsa subperiosteal<sup>21</sup>. Portanto, o tempo cirúrgico em nossa casuística foi menor do que o descrito com outras formas de fixação.

Os estudos que avaliam os custos dos implantes cocleares apresentam metodologias muito variadas, portanto, de acordo com o que se considera como parte dos custos envolvidos, este pode variar significativamente<sup>22</sup>. Entretanto, de acordo com os estudos existentes, o custo para o implante unilateral em pacientes surdos pós-linguais varia de € 30.026 (US\$ 21.018) a € 45.770 (US\$ 32.039), sendo o aparelho responsável pela maior parte deste custo<sup>23</sup>. No Brasil, os custos do implante Digisonic® SP são semelhantes ao custo de implantes



**Figura 5.** Imagem representa limiares audiométricos pré e pós-cirurgia de implante coclear dos seis casos com o Digisonic® SP. Note a melhora do limiar nos casos.

similares com sistema de fixação convencional, isto é, que necessitam confeccionar o nicho para o componente interno.

Apesar do custo elevado, os benefícios do implante coclear superam os custos, por possibilitarem a reabilitação auditiva e melhora da comunicação e da qualidade de vida de pacientes surdos, sendo esta relação mais evidente para pacientes mais jovens<sup>23-25</sup>.

Em nossa casuística, não tivemos nenhum tipo de complicação e o ganho auditivo foi satisfatório em todos os casos. Como as complicações de uma forma geral estão descritas em cerca de 16% das cirurgias de implante coclear<sup>5</sup>, apesar de nossa casuística ser pequena, os resultados foram melhores do que a média.

### CONCLUSÃO

O implante coclear Digisonic® SP desenvolvido pela Neurelec em nossa casuística apresentou bons resultados audiológicos em adultos, tempo de cirurgia

menor e não ocorreram complicações cirúrgicas intra ou pós-operatórias.

### REFERÊNCIAS

1. Yang WS, Moon IS, Kim HN, Lee WS, Lee SE, Choi JY. Delayed cochlear implantation in adults with prelingual severe-to-profound hearing loss. *Otol Neurotol.* 2011;32(2):223-8.
2. Budenz CL, Cosetti MK, Coelho DH, Birenbaum B, Babb J, Waltzman SB, et al. The effects of cochlear implantation on speech perception in older adults. *J Am Geriatr Soc.* 2011;59(3):446-53.
3. Klop WM, Briare JJ, Stiggelbout AM, Frijns JH. Cochlear implant outcomes and quality of life in adults with prelingual deafness. *Laryngoscope.* 2007;117(11):1982-7.
4. Chung J, Chueng K, Shipp D, Friesen L, Chen JM, Nedzelski JM, et al. Unilateral multi-channel cochlear implantation results in significant improvement in quality of life. *Otol Neurotol.* 2012;33(4):566-71.
5. Brito R, Monteiro TA, Leal AF, Tsuji RK, Pinna MH, Bento RF. Surgical complications in 550 consecutive cochlear implantation. *Braz J Otorhinolaryngol.* 2012;78(3):80-5.
6. Yun JM, Colburn MW, Antonelli PJ. Cochlear implant magnet displacement with minor head trauma. *Otolaryngol Head Neck Surg.* 2005;133(2):275-7.

7. Hoffman RA, Cohen NL. Complications of cochlear implant surgery. *Ann Otol Rhinol Laryngol Suppl.* 1995;166:420-2.
8. Migirov L, Muchnik C, Kaplan-Neeman R, Kronenberg J. Surgical and medical complications in paediatric cochlear implantation: a review of 300 cases. *Cochlear Implants Int.* 2006;7(4):194-201.
9. Mann WJ, Gosepath J. Technical note: minimal access surgery for cochlear implantation with MED-EL devices. *ORL J Otorhinolaryngol Relat Spec.* 2006;68(5):270-2.
10. Loh C, Jiang D, Dezso A, Fitzgerald O'Connor A. Non-sutured fixation of cochlear implants using a minimally-invasive approach. *Clin Otolaryngol.* 2008;33(3):259-61.
11. Carvalho GM, Valente JPP, Duarte ASM, Muranaka EB, Guimarães AC, Soki MN, et al. Electro acoustic stimulation of the auditory system: Unicamp's surgical approach. *Braz J Otorhinolaryngol.* 2012;78(1):43-50.
12. James AL, Papsin BC. Device fixation and small incision access for pediatric cochlear implants. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol.* 2004;68(8):1017-22.
13. Dalchow CV, Werner JA. A new instrument for minimal access surgery in cochlear implantation. *Otol Neurotol.* 2005;26(4):678-9.
14. Lee DJ, Driver M. Cochlear implant fixation using titanium screws. *Laryngoscope.* 2005;115(5):910-1.
15. Davis BM, Labadie RF, McMenomey SO, Haynes DS. Cochlear implant fixation using polypropylene mesh and titanium screws. *Laryngoscope.* 2004;114(12):2116-8.
16. Otto RA, Lane AP, Carrasco VN. A new technique for securing cochlear implants. *Otolaryngol Head Neck Surg.* 1999;120(6):897-8.
17. Guevara N, Sterkers O, Bébéar JP, Meller R, Magnan J, Mosnier I, et al. Multicenter evaluation of the Digisonic SP cochlear implant fixation system with titanium screws in 156 patients. *Ann Otol Rhinol Laryngol.* 2010;119(8):501-5.
18. Vincent C, Ruzza I, Vaneecloo FM, Dubrulle F. Magnetic resonance imaging with the Digisonic SP Neurelec cochlear implant. *Eur Arch Otorhinolaryngol.* 2008;265(9):1043-6.
19. McCormick B, Archbold S (eds). *Cochlear implants for young children: the Nottingham approach to assessment and rehabilitation.* 2nd ed. London: Whurr; 2003. p.162-215.
20. Truy E, Gallego S, Chanal JM, Collet L, Morgon A. Correlation between electrical auditory brainstem response and perceptual thresholds in Digisonic cochlear implant users. *Laryngoscope.* 1998;108(4 Pt 1):554-9.
21. Prager JD, Neidich MJ, Perkins JN, Meinzen-Derr J, Greinwald JH Jr. Minimal access and standard cochlear implantation: A comparative study. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol.* 2012;76(8):1102-6.
22. Nadège C, Valérie G, Laura F, Hélène DB, Vanina B, Olivier D, et al. The cost of cochlear implantation: a review of methodological considerations. *Int J Otolaryngol.* 2011;2011:210838.
23. Turchetti G, Bellelli S, Palla I, Berrettini S. Systematic review of the scientific literature on the economic evaluation of cochlear implants in adult patients. *Acta Otorhinolaryngol Ital.* 2011;31(5):319-27.
24. Turchetti G, Bellelli S, Palla I, Forli F. Systematic review of the scientific literature on the economic evaluation of cochlear implants in paediatric patients. *Acta Otorhinolaryngol Ital.* 2011;31(5):311-8.
25. Peñaranda A, Mendieta JC, Perdomo JA, Aparicio ML, Marín LM, García JM, et al. Economic benefits of the cochlear implant for treating profound sensorineural hearing loss. *Rev Panam Salud Publica.* 2012;31(4):325-31.