

# Nova tecnologia para estimulação infravermelha neural da cóclea

*Orozimbo Alves Costa Filho\**

*Doris Ruthy Lewis\*\**

*Aleandra Cardoso Lima\*\*\**

*Sabrina Rolim Figueiredo\*\*\**

*Tatiana Pinheiro Lima\*\*\**

Matic AI, Robinson AM, Youg HK, Badofsky B, Rajguru SM, Stock S, Richter CP. Behavioral and Electrophysiological Responses Evoked by Chronic Infrared Neural Stimulation of the Cochlea. PLoS One. 2013;8:1-11.

Muitos aprimoramentos e avanços tecnológicos no circuito integrado dos marca-passos cardíacos contribuíram para o desenvolvimento dos primeiros dispositivos eletrônicos auditivos. O dispositivo neural de maior efetividade e com melhores resultados foi o Implante Coclear (IC), sendo capaz de restaurar ou substituir a função neural auditiva nos indivíduos com perda auditiva de grau severo a profundo.

O objetivo dos dispositivos desenvolvidos na área das neuropatologias é a restauração da função neural, possibilitando melhorias no funcionamento do sistema envolvido. O uso de corrente elétrica

tem sido utilizado nas tecnologias atuais para a estimulação dos neurônios. Porém, devido à configuração do eletrodo e das propriedades elétricas, a corrente se dissipa nas estruturas adjacentes às fibras nervosas e células ganglionares<sup>1</sup>. Por este motivo, não é possível prover estimulação precisa e direta dos neurônios cocleares com melhor especificidade, e até pode vir a ocorrer uma sobreposição dos campos de estimulação<sup>1</sup>.

O IC utiliza corrente elétrica para estimular diretamente os neurônios do gânglio espiral coclear e transforma a informação acústica em pulsos elétricos. Apesar dos resultados satisfatórios em

\*Professor Titular do Programa de Estudos Pós-Graduados em Fonoaudiologia da Pontifícia Universidade Católica de São Paulo - PUCSP - São Paulo (SP), Brasil.

\*\*Professora Titular do Programa de Estudos Pós-Graduados em Fonoaudiologia da Pontifícia Universidade Católica de São Paulo - PUCSP - São Paulo (SP), Brasil.

\*\*\*Mestranda em Fonoaudiologia pela Pontifícia Universidade Católica de São Paulo - PUCSP - São Paulo (SP), Brasil.

**Conflito de interesses:** Não

**Contribuição dos autores:**

**Endereço para correspondência:** Sabrina Suellen Rolim Figueiredo. Rua Agnes Roselin, nº 58 - José Bonifácio. CEP: 08255-680. São Paulo (SP), Brasil. E-mail: [ssrfigueiredo@hotmail.com](mailto:ssrfigueiredo@hotmail.com)

**Recebido:** 05/12/2013; **Aprovado:** 26/04/2014.

comparação com outros dispositivos, inúmeros estudos têm demonstrado que, em alguns casos, os eletrodos não funcionam adequadamente e precisam ser desativados<sup>2-5</sup>. Um dos fatores relacionados a tais fenômenos é a superposição na estimulação de populações neurais, por conta da dissipação da corrente elétrica. Nestes casos, o reconhecimento de fala pode ser limitado.

Pesquisadores de diferentes universidades dos Estados Unidos realizaram estudos com o objetivo de investigar respostas comportamentais e eletrofisiológicas evocadas pela Estimulação Infravermelha Neural (EIN) da cóclea em uma população de gatos.

Para a realização desse estudo, foram utilizados gatos com audição normal (de 4 a 6 meses de idade) e gatos com surdez congênita ou alterados auditivamente. A avaliação do estado fisiológico da cóclea, bem como os demais procedimentos da pesquisa, foram realizados em um laboratório de forma controlada.

Os autores do artigo relatam um desafio durante a gravação da estimulação elétrica, pois muitas das vezes não é possível a identificação de indicativos na observação da resposta desejada. Portanto, a EIN tem sido extensivamente estudada como alternativa à estimulação elétrica usada atualmente em implantes cocleares.

A EIN pode ser alterada de acordo com a capacidade elétrica da membrana plasmática, por aquecimento do local e com a despolarização da célula<sup>6,7</sup>. O uso da EIN possibilita o aumento do número de canais independentes perceptuais, por não ocorrer a dissipação do estímulo como ocorre na estimulação elétrica. Os usuários de IC podem se beneficiar deste procedimento, principalmente em relação ao reconhecimento de fala em ambientes ruidosos<sup>4,8</sup>.

O desenvolvimento da pesquisa prevê o aumento do número de canais discretamente independentes em que as células internas da cóclea e os neurônios do gânglio espiral possam ser estimulados de forma mais específica<sup>9</sup>.

Segundo os autores, para a estimulação infravermelha neural começar a ser utilizada clinicamente, é necessário verificar a eficácia e a segurança destes dispositivos implantáveis ao longo dos anos por meio de testes e pesquisas.

A presente pesquisa apresenta dados comportamentais, histológicos e eletrofisiológicos dos gatos inseridos no estudo, além dos resultados de

imagem após o procedimento cirúrgico e verificação da estimulação coclear a fim de obter respostas objetivas e concretas para futuros estudos com seres humanos.

Foram avaliadas as condições fisiológicas da cóclea e os limiares auditivos dos gatos por meio de Potenciais Evocados Auditivos de Tronco Encefálico (PEATE), antes da implantação e estimulação e após o implante, para verificação da ocorrência de danos na cóclea. Os gatos foram devidamente anestesiados para o procedimento cirúrgico. Foi realizada a cocleostomia (uma passagem pela perfuração da parede da cóclea) e nela foi inserida a fibra ótica próxima ao modíolo, direcionada aos neurônios do gânglio espiral, do lado esquerdo. Os estímulos e os pulsos foram dados por meio de um laser, pelo fluido coclear.

Os autores descreveram todos os procedimentos cirúrgicos e análises histológicas. Todas as etapas do estudo foram monitoradas diariamente após a cirurgia e, duas semanas depois desta, os limiares auditivos em resposta ao laser foram testados por meio do registro do PEATE. O comportamento dos gatos foi registrado por meio de uma filmadora, antes e imediatamente após a ativação do laser estimulador.

Observou-se que os gatos giravam a cabeça e andavam para o lado implantado com mais frequência do que antes da cirurgia, indicando que o animal apresentou percepção auditiva em resposta ao laser. Após os testes pós-operatórios, a fibra ótica implantada foi ligada a um estimulador laser miniaturizado e alimentado por bateria. A partir deste procedimento foi observado que os gatos desviavam a cabeça ou a parte superior do tronco como resposta ao estímulo.

Foram comparados os lados implantados (esquerdo) com os lados não implantados (direito) entre o período pré e pós-ativação do laser. A estimulação foi de 4 a 8 horas por dia, em até 30 dias. Para garantir e validar os resultados, um pesquisador observador realizou análise cega e confirmou estes achados. Aos 5 minutos após a ativação, os animais adaptaram seu comportamento à estimulação a laser. Nenhum comportamento demonstrou efeitos colaterais, como alterações vestibulares, salivação excessiva e inclinação de cabeça persistente. O fato de andar em um círculo não pareceu ser um déficit vestibular, visto que a marcha foi constante.

Sete dos 10 gatos que foram utilizados neste estudo tiveram o registro do PEATE completo (pré-implantação, pós-implantação, pós-estimulação) e estes foram utilizados na análise. Após um mês de estimulação a laser, houve um aumento significativo nas respostas do PEATE.

Os resultados mostraram que a amplitude do PEATE foi constante durante várias semanas de estimulação neural por radiação infravermelha. Com o aumento da energia do laser ocorreu aumento da amplitude.

O estudo em gatos com audição normal, implantados com fibra óptica, apresenta grandes possibilidades para auxílio dos estudos eletrofisiológicos. As respostas comportamentais apresentadas pela população estudada, comparadas às reações ao estímulo elétrico, demonstram que houve adaptação aos estímulos. Estudos realizados em humanos ouvintes apresentam a ocorrência de adaptação para estímulo em tom sinodal, similar ao apresentado em felinos ouvintes, o que demonstra uma viabilidade positiva para a ampliação desses estudos.

Não houve danificação da cóclea, como edema, ruptura da membrana plasmática, encolhimento celular, fragmentação nuclear ou formação de coagulação.

A estimulação dos neurônios do gânglio espiral por EIN, no pós-operatório, proporcionou um aumento significativo dos limiares audíveis. Entretanto, o estudo não forneceu evidências relevantes quanto à recepção funcional.

À medida que a dissipação da estimulação elétrica for controlada, focando o estímulo em pequenas populações neuronais, pacientes com implante coclear (IC) provavelmente terão maiores benefícios e melhor desempenho auditivo. Isto poderá ser aplicado a diversos dispositivos neurais implantáveis num futuro próximo.

A Estimulação por Radiação Infravermelha Neural (EIN) pode ser utilizada para estimular o gânglio espiral da cóclea por meio de uma fibra ótica acoplada a um laser de diodo. Não é necessário que haja contato direto entre a fibra ótica e o tecido alvo para a estimulação, e os neurônios e as fibras do nervo são estimuladas. A radiação ótica não se dissipa significativamente no tecido quando comparada à convencional estimulação elétrica. A habilidade de estimular pequenas regiões ao longo do gânglio espiral pode resultar em melhorias na implantação coclear (IC)<sup>10</sup>.

## Referências Bibliográficas

1. Grill WM, Norman SE, Bellamkonda. Implanted neural interfaces: biochallenges and engineered solutions. *Annu Rev Biome.* 2009; 11:1-24.
2. Eddington DK, Dobbelle WH, Brackmann DE, Mladejovsky MG, Parkin JL. Auditory Prostheses research with multiple channel intracochlear stimulation in man. *Ann Otol.* 1978; 87:1-39.
3. Fishman KE, Shannon RV, Slattery WH. Speech recognition as a function of the number of electrodes used in the SPEAK cochlear implant speech processor. *J Speech Lang Hear Res.* 1997; 40(5):1201-15.
4. Dorman MF, Loizou PC, Fitzke J, Tu Z. The recognition of sentences in noise by normal-hearing listeners using stimulations of cochlear-implant signal processors with. *JASA.* 1998; 6(20): 3583-85.
5. Friesen LM, Shannon RV, Baskent D, Wang X. Speech recognition in noise as a function of the number of spectral channels: comparison of acoustic hearing and cochlear implants. *J Acoust Soc Am.* 2001; 110(2):1150-63.
6. Izzo AD, Richter C-P, Jansen ED, Walsh JT. Laser stimulation of the auditory nerve. *Laser Surg Med.* 2006; 38(8):745-53.
7. Richter C-P, Bayon R, Izzo AD, Otting M, Suh E, et al. Optical stimulation of auditory neurons: effects of acute and chronic deafening. *Hear Res.* 2008; 242(1-2):42-51.
8. Dowell RC, Seligman PM, Blamey PJ, Clark GM. Speech perception using a two formant 22-electrode cochlear prosthesis in quiet and in noise. *Acta Otolaryngol.* 1987; 104(5-6):439-46.
9. Middlebrooks JC, Snyder RL. Auditory prosthesis with a penetrating nerve array. *JARO.* 2007; 8(2):258-79.
10. Rajguru SM. A New Frontier for Cochlear Implants. *Audio-logy Today.* 2013; 37-40.