



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SAÚDE DA COMUNICAÇÃO HUMANA

KIARA KALLINE RODRIGUES VIRGULINO DE MEDEIROS

**RELAÇÃO DA DISPERSÃO DE EXCITAÇÃO E O POSICIONAMENTO DO FEIXE
DE ELETRODOS EM PACIENTES SUBMETIDOS A IMPLANTE COCLEAR**

Recife

2023

KIARA KALLINE RODRIGUES VIRGULINO DE MEDEIROS

**RELAÇÃO DA DISPERSÃO DE EXCITAÇÃO E O POSICIONAMENTO DO FEIXE
DE ELETRODOS EM PACIENTES SUBMETIDOS A IMPLANTE COCLEAR**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Saúde da Comunicação Humana da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de mestre em Saúde da Comunicação Humana. Área de concentração: fonoaudiologia. Linha de pesquisa em audição e linguagem: desenvolvimento, diagnóstico e intervenção fonoaudiológica.

Orientador (a): Prof.^a Mariana de Carvalho Leal Gouveia

Coorientador (a): Prof.^a Lílian Ferreira Muniz

Recife

2023

Catálogo na fonte:
Elaine Freitas, CRB4:1790

M488r	Medeiros, Kiara Kalline Rodrigues Virgulino de Relação da dispersão de excitação e o posicionamento do feixe de eletrodos em pacientes submetidos a implante coclear / Kiara Kalline Rodrigues Virgulino de Medeiros. – 2023. 50 p. : il. Orientadora: Mariana de Carvalho Leal Gouveia. Coorientadora: Lilian Ferreira Muniz. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Ciências da Saúde. Programa de Pós-graduação em Saúde da Comunicação Humana. Recife, 2023. Inclui referências, apêndice e anexos. 1. Implante coclear. 2. Dispersão de excitação. 3. Posicionamento de eletrodos. 4. Tomografia computadorizada de feixe cônico. I. Gouveia, Mariana de Carvalho Leal (orientadora). II. Muniz, Lilian Ferreira (coorientadora). III. Título. 614 CDD (23.ed.) UFPE (CCS 2023 – 242)
-------	--

Kiara Kalline Rodrigues Virgulino de Medeiros

**RELAÇÃO DA DISPERSÃO DE EXCITAÇÃO E O POSICIONAMENTO DO FEIXE
DE ELETRODOS EM PACIENTES SUBMETIDOS A IMPLANTE COCLEAR**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Saúde da Comunicação Humana da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de mestre em Saúde da Comunicação Humana. Área de concentração: fonoaudiologia. Linha de pesquisa em audição e linguagem: desenvolvimento, diagnóstico e intervenção fonoaudiológica.

Aprovada em 10 de Fevereiro de 2023

Prof.a Mariana de Carvalho Leal Gouveia (Orientadora)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof.a Lílían Ferreira Muniz (Coorientadora)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof.a Maria Luiza Lopes Timóteo de Lima (examinadora interna)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Sílvia da Silva Caldas Neto (examinador externo)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof.a Gislaine Richter Minhoto Wiemes (examinadora externa)
Universidade de São Paulo

AGRADECIMENTOS

À minha orientadora, Dra. Mariana de Carvalho Leal Gouveia, por sua dedicação e incentivo ao longo desses cinco anos de estudo, como também pelo ensino e ajuda no desenvolvimento desta dissertação, desde a inspiração para definir o tema até sua execução final.

À minha querida coorientadora, Dra. Lílían Ferreira Muniz, que segue como minha inspiração na vida acadêmica e pessoal, agradeço a bagagem teórica e técnica adquirida nesses anos de aprendizado.

Aos pacientes envolvidos, pois somente através deles e por eles este estudo pôde ser concluído.

Ao Hospital Agamenon Magalhães que foi minha casa durante os três anos de residência médica e continua sendo importante na minha formação.

Ao Centro Diagnóstico Boris Berenstein que estudou e realizou os exames de imagem usados nessa pesquisa.

Agradeço especialmente aos meus familiares, em especial ao meu esposo Paulo Alves que esteve comigo em todos os momentos desse degrau da minha vida, sempre presente e paciente, fornecendo o suporte necessário para que tudo isso fosse possível.

RESUMO

O implante coclear é o tratamento padrão-ouro para os pacientes com perda auditiva sensorineural severa a profunda bilateral. Seus resultados dependem de vários fatores relacionados a perda auditiva, como: etiologia, tempo de privação auditiva, posicionamento intracoclear dos eletrodos, programação do processador de fala, entre outras variáveis. No intraoperatório podem ser realizadas medidas eletrofisiológicas para verificar a viabilidade e o funcionamento do nervo auditivo, assim como inferir o posicionamento dos eletrodos intracocleares dentre elas a dispersão de excitação (*spread of excitation*). Apesar dessa medida objetiva existir, há mais de 20 anos, dispersão de excitação é pouco utilizada na prática clínica, mas pode ser uma alternativa interessante para avaliação pós-implante coclear; por ser de rápida realização e não expor o paciente a radiação. Objetivo: Analisar a relação entre a medida da dispersão de excitação e o posicionamento do feixe de eletrodos identificada por imagem em pacientes submetidos a implante coclear. Método: Trata-se de um estudo tipo série de casos com a participação de oito pacientes adultos submetidos a cirurgia de implante coclear. A coleta dos dados foi realizada em 3 etapas, iniciada com a seleção dos pacientes nos prontuários, posteriormente foi realizada a medida da dispersão de excitação e, na última etapa, a avaliação da tomografia computadorizada de feixe cônico para caracterização do posicionamento do eletrodo intracoclear. Resultados: Foram estudadas doze orelhas de oito pacientes e duas marcas de implante coclear, houve alteração na dispersão de excitação em duas delas, nos eletrodos 3 e 15 na orelha 11 e eletrodo 11 na orelha 12, as mesmas orelhas que apresentaram dobra e translocação no exame de imagem. Também foi observado translocação isolada de um feixe, porém sem alterações na medida da dispersão de excitação. A medida da dispersão de excitação alterada, com padrão de duplo pico, foi confirmada com a presença de dobra do feixe de eletrodos na tomografia computadorizada de feixe cônico. Conclusão: A medida da dispersão de excitação foi capaz de detectar alterações no posicionamento do feixe de eletrodos e confirmada pela tomografia computadorizada de feixe cônico, sobretudo na presença de dobra do feixe.

Palavras-chave: implante coclear; dispersão de excitação; posicionamento de eletrodos; tomografia computadorizada de feixe cônico.

ABSTRACT

Cochlear implantation is the gold standard treatment for patients with severe to profound bilateral sensorineural hearing loss, its results depend on several factors related to hearing loss, such as: etiology, time of sound deprivation, intracochlear positioning of electrodes, programming, among others. variables. Intraoperatively, electrophysiological measurements can be performed to verify the viability and functioning of the auditory nerve, as well as to infer the positioning of the intracochlear electrodes, among them the spread of excitation. Although these objective measures exist, spread of excitation is little used in clinical practice, this tool can be an interesting alternative because it is quick to perform and does not expose the patient to radiation. Objective: To analyze the relationship between the measurement spread of excitation and the positioning of the electrode bundle identified by imaging in patients undergoing cochlear implantation. Method: This is a case series study with the participation of eight adult patients undergoing cochlear implant surgery. Data collection was carried out in 3 steps, starting with the selection of patients through medical records, later measurement of spread of excitation was carried out and, in the last step, the evaluation of cone beam computed tomography to characterize the positioning of the intracochlear electrode. Results: Twelve ears of eight patients and two brands of cochlear implant were studied, there was alteration in the dispersion of excitation in two of them, in electrodes 3 and 15 in ear 11 and electrode 11 in ear 12, the same ears that presented folded electrodes and translocation in the imaging exam. Comprehensive translocation of a bundle was also observed, but without changes in the values of spread of excitation. The measurement of altered spread of excitation, with a double-peak pattern, was confirmed with the presence of a fold in the cone-beam computed tomography scan. Conclusion: The measurement spread of excitation was able to detect alterations in the positioning of the electrode array and confirmed by cone-beam computed tomography, especially in the presence of a folded electrode. Keywords: cochlear implant; spread of excitation; electrode placement; cone beam computed tomography.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 –	Dispositivo de implante coclear: unidades interna e externa	14
Figura 2 –	Unidades externa e interna de implante coclear	15
Figura 3 –	Representação da unidade interna de um implante coclear	16
Figura 4 –	Representação gráfica da dispersão de excitação	18
Figura 5 –	Tomografia computadorizada de feixe cônico do osso temporal com feixe de eletrodos intracoclear	19
Figura 6 –	Equipamento de tomografia computadorizada de feixe cônico	20
Figura 7 –	Comparação gráfica da fonte e detector dos raios-x	21
Figura 8 –	Aparelho de tomografia computadorizada de feixe cônico utilizada no estudo	26

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Descrição das variáveis do estudo

27

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AASI –	Aparelho de amplificação sonora individual
ART –	Telemetria de resposta auditiva
CG –	<i>Common Ground</i>
CBCT –	<i>Cone-beam computed tomography</i>
dB –	DeciBel
DICOM –	Comunicação de imagens digitais em medicina
ECAP –	Potencial de ação composto eletricamente evocado
HAM –	Hospital Agamenon Magalhães
Hz –	Hertz
IC –	Implante coclear
kHz –	Kilo Hertz
kOhm –	Kilo Ohm
kV –	Kilo volts
mA –	Mili ampère
mm –	Milímetros
MP1 –	Eletrodo monopolar extracoclear 1
MP2 –	Eletrodo monopolar extracoclear 2
NRT –	Telemetria de resposta neural
PPS –	Interface de programação portátil – <i>portable programming system</i>
RNM –	Ressonância nuclear magnética
Qu –	Capacidade da célula
SOE –	Dispersão de excitação – <i>spread of excitation</i>
TCAR –	Tomografia computadorizada de alta resolução
TCFC –	Tomografia computadorizada de feixe cônico
TCLE –	Termo de consentimento livre e esclarecido
Uc –	Micro coulomb
µs –	Micro segundos
µV –	Micro volts

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	14
2.1	Implante coclear	14
2.2	Dispersão de excitação	17
2.3	Tomografia computadorizada de feixe cônico	19
3	METODOLOGIA	22
3.1	Tipo de estudo e população	22
3.2	Critérios de inclusão	22
3.3	Critérios de exclusão	22
3.4	Local de estudo	22
3.5	Período de referência	23
3.6	Método	23
3.7	Variáveis	27
4	RESULTADOS	29
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	41
	REFERÊNCIAS	42
	APÊNDICE A – FICHA DE AVALIAÇÃO DO PACIENTE	46
	IMPLANTADO	
	ANEXO A – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E	47
	ESCLARECIDO	
	ANEXO B – PARECER DE APROVAÇÃO DO COMITÊ DE	49
	ÉTICA	

1 INTRODUÇÃO

O implante coclear (IC) é o tratamento de escolha para os pacientes com surdez neurossensorial severa ou profunda bilateral (NATEGHIFARD *et al.*, 2019), consiste em um dispositivo cirurgicamente implantável que converte o som em sinal elétrico (WIDMANN *et al.*, 2020) e o envia até o córtex cerebral para que seja possível a percepção sonora.

A avaliação pré-operatória do candidato a IC é detalhada e multidisciplinar composta por critérios clínicos, audiológicos, radiológicos e psicossociais para então culminar na indicação cirúrgica. Apesar disso, aproximadamente 13% dos usuários de IC apresentam baixo desempenho auditivo (DANIELI *et al.*, 2020), isto pode ser reflexo de alterações no funcionamento e/ou localização do feixe de eletrodos intracocleares como: inserção insuficiente ou excessiva dos eletrodos no interior da cóclea, translocação entre as rampas ou dobra, tais complicações tem potencial de acontecer nos dois tipos de feixes disponíveis, que são os perimodiolares e os retos (parede lateral), essas alterações ocorrem mais comumente nos feixes de eletrodos perimodiolares, pois possuem a matriz pré-curvada e frágil (BRIGGS *et al.*, 2020), assim como a presença de translocação, segundo estudo de O'connell *et al.* (2016). Caso ocorra alguma alteração no feixe o resultado audiológico pode ser aquém do esperado.

Pode-se avaliar a matriz dos eletrodos em dois momentos distintos, no intraoperatório com auxílio dos métodos objetivos eletrofisiológicos e/ou radiografias intraoperatória, logo após inserção do feixe, e no período pós-operatório utilizando as medidas anteriores em associação à tomografia computadorizada, para verificar a posição do feixe de eletrodos em relação às estruturas anatômicas. A investigação intraoperatória tem as vantagens de permitir uma ação instantânea quando diante de problemas com a matriz de eletrodos imediatamente após sua inserção. São realizados testes eletrofisiológicos durante o transoperatório, a fim de verificar integridade do dispositivo de implantação, sua localização intracoclear, e auxiliar no mapeamento pós-operatório. Como exemplo prático tem-se que o registro dos dados da telemetria de resposta neural (NRT) transoperatória são úteis para programação

do processador de fala durante o primeiro ajuste pós-operatório (GROLMAN *et al.*, 2009).

Os testes objetivos eletrofisiológicos podem fornecer informações sobre integridade do dispositivo a ser implantado assim como aferir indiretamente alocação do eletrodo. Os testes realizados são: impedância, potencial de ação composto eletricamente evocado (ECAP), NRT, dispersão de excitação, do inglês *spread of excitation* (SOE), entre outras medidas objetivas. A telemetria de impedância é uma medida não fisiológica que tem como função testar a integridade do dispositivo, o registro do ECAP oferece informações quanto ao acoplamento funcional do IC ao sistema auditivo, mas não avalia alterações anatômicas dos feixes de eletrodos inseridos, como a dobra (MCCLLENAGHAN; NASH, 2020), essa variante pode se estimada com o uso da SOE intra ou pós-operatória (HOTH; DZIEMBA, 2017), medida eletrofisiológica eleita na literatura internacional como referência para aferir indiretamente a alocação dos eletrodos intracocleares (DIMAK *et al.*, 2020).

A rotina radiológica pós-operatória no IC é necessária na avaliação do trauma de inserção e deformações no feixe de eletrodos, dessa forma se propõe a otimizar a programação individual do processador de som (SIPARI *et al.*, 2019). Essa contribuição é devido a precisa localização dos eletrodos em suas respectivas áreas tonotópicas intracocleares, assim como a viabilidade de técnicas para reprogramação e/ou desativação de eletrodos implantados baseada nas imagens, o que possibilita melhores resultados. Recentemente, a tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC) foi descrita como o melhor método para análise radiológica pós IC pelas vantagens de apresentar excelente visibilidade dos eletrodos intracocleares por reconstrução tridimensional, associado a diminuta dose de radiação, menor número de artefatos metálicos, rápida realização e baixo custo (DANIELI *et al.*, 2020).

A necessidade de detectar alterações nos feixes de eletrodos está no fato dos segmentos mal posicionados ou dobrados afetarem a dispersão da corrente dos eletrodos adjacentes devidamente alocados (MCCLLENAGHAN; NASH, 2020). A localização correta do arranjo de eletrodos dentro da cóclea é fator determinante para o bom resultado audiológico (GROLMAN *et al.*, 2009).

Estudos mais recentes afirmam que a desativação seletiva dos contatos de eletrodos sobrepostos pode melhorar o desempenho auditivo, dando suporte para a

reprogramação baseada em exames de imagem antes de se considerar uma cirurgia revisional (LABADIE *et al.*, 2017). Diante do exposto e devido a ausência de estudos que avaliem a SOE como medida preditiva de posicionamento do feixe de eletrodos intracoclear e a sua confirmação com imagem da tomografia de feixe cônico evidenciando adequada alocação do feixe, faz-se necessário testar essa hipótese, pois tal sustentação pode permitir a criação de protocolos para indicação de exame de imagem pós IC, dessa forma os pacientes somente serão expostos a radiação em casos selecionados nos quais a medida da SOE esteja alterada, e para ratificar o mau posicionamento do feixe. Assim como na presença de dobra ou outras falhas de locação que poderão ser resolvidas ainda no intraoperatório.

Logo, esse trabalho se propõe responder a seguinte questão: qual a relação entre as medidas da SOE e o posicionamento do feixe de eletrodos em pacientes submetidos ao IC? A hipótese é que as medidas da dispersão de excitação têm relação com o posicionamento dos eletrodos intracocleares, à medida que a SOE pode detectar dispersão irregular em feixes de eletrodos tortuosos, com dobras ou mal posicionados.

O objetivo desse estudo é analisar a relação entre a medida da SOE e o posicionamento do feixe de eletrodos identificada por imagem em pacientes adultos submetidos ao IC. Secundariamente, identificar o posicionamento dos eletrodos através das imagens da TCFC, além de descrever as medidas da SOE e comparar o posicionamento do eletrodo intracoclear visto através das imagens da TCFC com a dispersão de excitação.

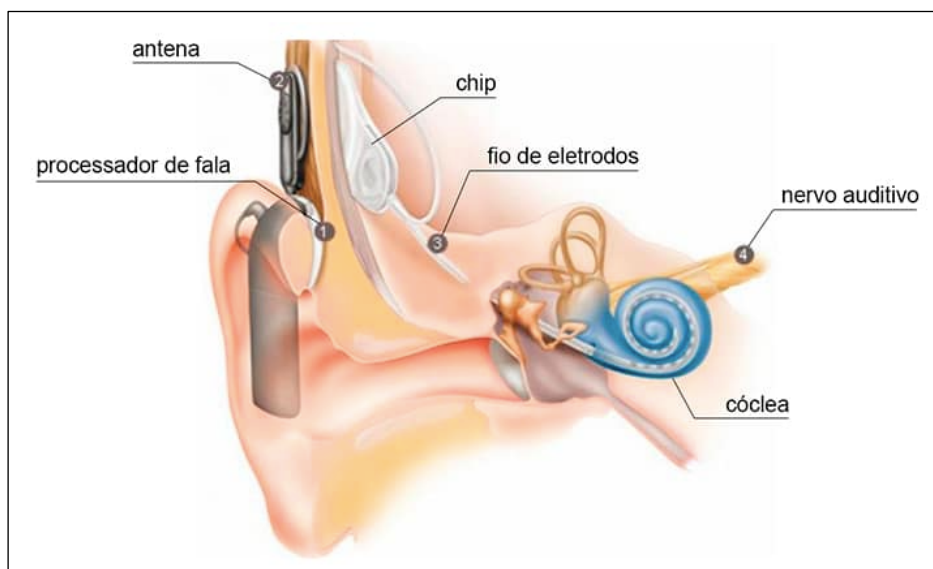
Como produto do estudo será publicado um artigo original descrevendo os achados da SOE em comparação com as imagens da TCFC, e submetido ao Brazilian Journal of Otorhinolaryngology.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Implante coclear

O IC consiste em um dispositivo cirurgicamente implantável que possui dois componentes, uma unidade interna e outra externa que fazem perfeito acoplamento às custas de ímãs, um desses conectado à antena da unidade externa e o outro na unidade interna, como mostra a Figura 1.

Figura 1. Dispositivo de implante coclear: unidades interna e externa



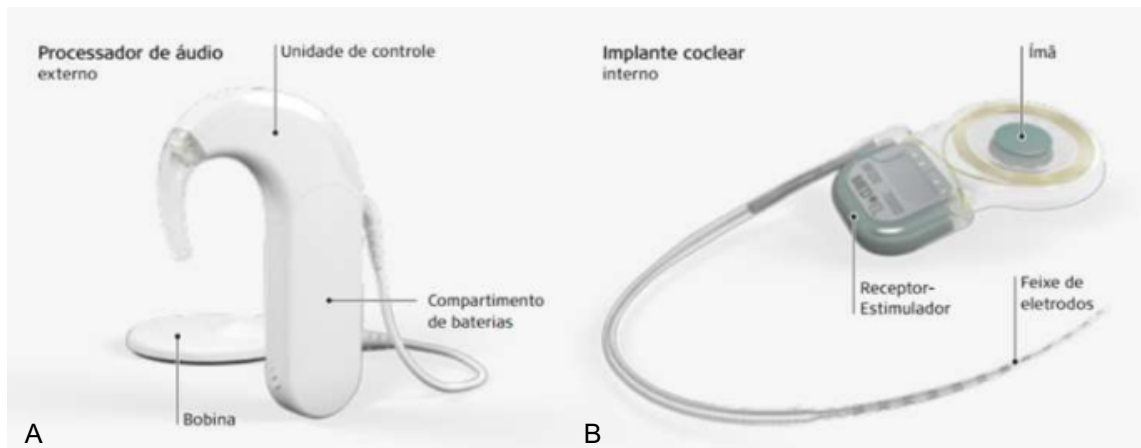
Fonte: crônicas da surdez (2020)

A unidade externa é composta por um ou dois microfones conectados ao processador de fala que converte o som em sinal elétrico (WIDMANN *et al.*, 2020; MANRIQUE *et al.*, 2019) e o envia para a bobina de transmissão conectada a unidade interna através de um ímã, essa unidade receptora, por sua vez, está posicionada sob o perióstio da escama do osso temporal, ela recebe o sinal e o envia à cóclea por meio um feixe de eletrodos que será posicionado, preferencialmente, na escala timpânica coclear (Figuras 2B e 3).

O procedimento cirúrgico é realizado por mastoidectomia com confecção de timpanotomia posterior e abertura da membrana da janela redonda ou cocleostomia, em casos selecionados. O feixe de eletrodos é então inserido com uso da técnica de preservação auditiva, por meio de velocidade controlada, a fim de evitar trauma das

células ciliadas remanescentes e conservação máxima do resíduo auditivo, essas medidas se associam a melhor percepção de fala no pós-operatório (HANSEN; ROCHE, 2015) (MOWRY; WOODSON, 2020) (CHEN *et al.*, 2019).

Figura 2. Unidades externa e interna de implante coclear



A Imagem A mostra a unidade externa e B unidade interna de um implante coclear de feixe reto da marca Med.El

Fonte: Med.El (2019)

A matriz dos eletrodos intracocleares envia os sinais elétricos às células ganglionares espirais situadas nos giros cocleares, composto por uma média de 35.000 neurônios bipolares (MANRIQUE *et al.*, 2019); e segue via nervo coclear em direção ao córtex cerebral para que seja possível a percepção sonora.

A classificação dos IC pode ser feita com três parâmetros distintos, quanto ao modelo do feixe de eletrodos (perimodiolar ou reto) (Figuras 2B e 3), número de canais de estimulação (mono ou multicanais) e pela estratégia de condução sonora (analógica e pulsada) (MANRIQUE *et al.*, 2019).

O tipo de feixe é selecionado para cada paciente conforme a anatomia coclear ou a condição clínica que levou à indicação do IC, como nos casos de ossificação no qual os feixes retos estão melhor indicados; já a estratégia de condução sonora é dividida em dois tipos principais: analógica ou pulsada. A primeira extrai possíveis palavras que refletem a voz humana e a segunda envia aos eletrodos todos os sinais sonoros recebidos do ambiente sem seleção prévia da voz falada, as duas podem ser mixadas quando necessário (HANSEN; ROCHE, 2015).

Figura 3. Representação da unidade interna de um implante coclear



Implante coclear com feixe perimodiolar CI 632 Cochlear®

Fonte: Cochlear Limited (2021)

Estão indicados ao IC os pacientes que possuem surdez neurossensorial bilateral severa ou profunda com pouco a nenhum benefício do uso de AASI. O IC é realizado em praticamente todas as faixas etárias, desde os bebês até em idosos, que apresentem condição clínica para realização do procedimento (CARLSON *et al.*, 2020). As crianças devem ser implantadas o mais precocemente possível, quando pré linguais, para permitir aquisição da linguagem e alfabetização efetiva, ou em qualquer outra idade quando se trata de candidato pós-lingual ou que possua deficiência visual associada. O IC pode ser realizado uni ou bilateral, quando bilateral os dois implantes podem ser feitos no mesmo tempo cirúrgico ou de forma sequencial; no IC unilateral, a estratégia bimodal (AASI contralateral a orelha implantada) é uma alternativa de boa aceitação com positivos resultados audiológicos (MANRIQUE *et al.*, 2019).

A condução sonora realizada pelo IC acontece via estímulo da matriz de eletrodos diretamente às células ganglionares espirais do nervo coclear com descargas rápidas, sequenciais e intercaladas com *delay* de milissegundos entre cada eletrodo, como forma de evitar somação e sobreposição nas correntes dos eletrodos adjacentes (CARLSON *et al.*, 2020), o estímulo segue até o córtex auditivo, situado

na porção pósterosuperior do lobo temporal, que decodifica os sinais elétricos e reconhece a sensação sonora (CHEN *et al.*, 2019).

No quesito avaliação por imagem temos como referência a realização de tomografia computadorizada de alta resolução (TCAR) e/ou ressonância nuclear magnética (RNM) que são cruciais no planejamento cirúrgico pré-operatório (WIDMANN *et al.*, 2020), o método mais apropriado é definido de acordo com a idade e a etiologia que levou à perda auditiva. Através destes o cirurgião e sua equipe analisam anatomia, óssea e neural, perviedade coclear, e define o tipo e modelo do IC mais adequado, com a finalidade de se obter o melhor resultado audiológico para o paciente.

2.2 Dispersão de excitação

A SOE é um tipo especial de medição do ECAP usando o algoritmo de mascaramento direto com o modo de estimulação do mascarador modificado que foi descrito por Cohen *et al.* 2003. No qual, após a entrega de um estímulo, os potenciais intracocleares são registrados pela telemetria e posteriormente as respostas são medidas no processador de fala (LABADIE *et al.*, 2017). Este método eletrofisiológico permite a estimativa intra e pós-operatória do correto posicionamento do arranjo de eletrodos do IC, e oferece a possibilidade de documentar a topografia dos eletrodos implantados sem qualquer exposição à radiação (HOTH; DZIEMBA, 2017).

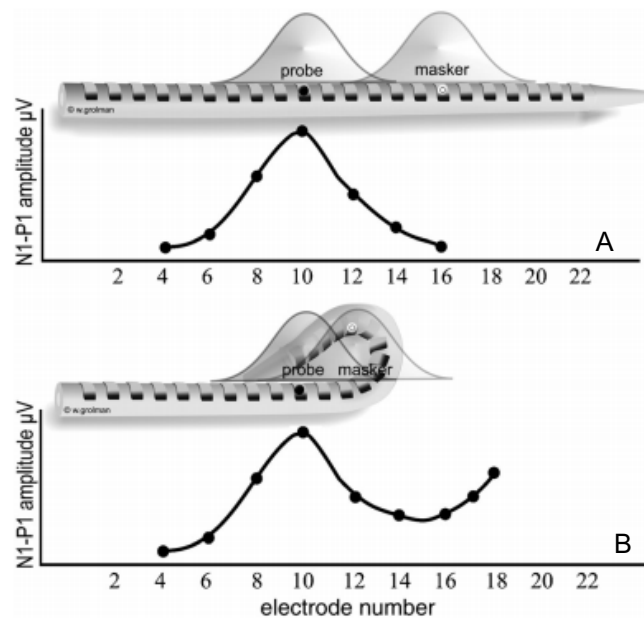
O princípio da SOE é baseado no fato de que a resposta neural só pode ser registrada quando um pulso de mascaramento direto é aplicado para cancelar o artefato do estímulo. Quanto menor for o efeito de mascaramento, menor será a resposta do ECAP, ou seja, existe uma redução na eficácia da estimulação do mascarador com o aumento da distância entre os pulsos de estimulação do mascarador e da sonda (eletrodo estimulado, que capta a resposta do mascarador), isso resulta em menos efeitos de mascaramento, movendo o pulso de estimulação do mascarador para longe do eletrodo sonda, com esta fixa e o mascarador variando ao longo do arranjo de eletrodos (HUGHES *et al.*, 2013) (HOTH; DZIEMBA, 2017).

O paradigma da SOE pode ser usado para investigar seletividade e sobreposição de campos de excitação neural, o último dos quais pode ser causado

por dobramento ou tortuosidades no feixe de eletrodos, pois o posicionamento adequado dos eletrodos leva a uma queda na amplitude do ECAP do centro para a periferia em relação ao eletrodo sonda (LABADIE *et al.*, 2017). O eletrodo dobrado é identificado pela presença de mais de um local com curva máxima da SOE (e nível mínimo ou zero na plotagem do ECAP) para pelo menos duas posições do eletrodo sonda, em alguns gráficos aparecem como onda em duplo pico (Figura 4) e outras vezes como duplo vale dependendo do *software* utilizado (GROLMAN *et al.*, 2009).

O método SOE detecta com facilidade e rapidez a dobra do arranjo de eletrodos em apenas dois minutos de realização para cada eletrodo avaliado, dispensa uso de radiação, e é uma técnica acessível com fácil manuseio por meio do *software* específico disponibilizado pela própria empresa do IC.

Figura 4. Representação gráfica da dispersão de excitação



Na imagem superior A uma onda padrão avaliando o eletrodo 11 e B com presença de onda com duplo pico

Fonte: Grolman *et al.*, (2009)

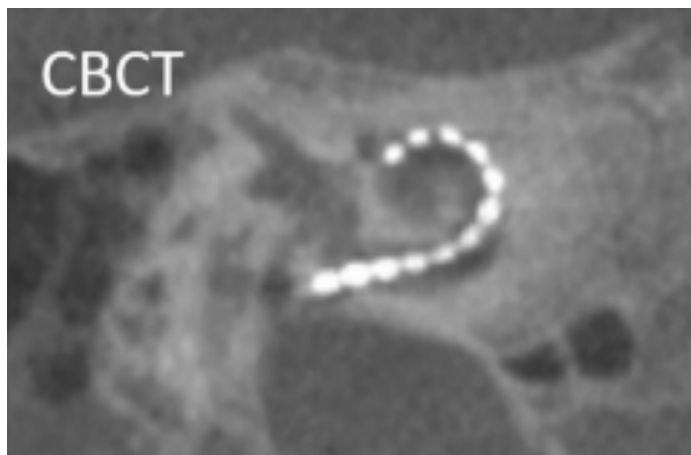
Em estudo prospectivo Grolman *et al.* (2009) avaliaram 72 implantes usando a medida da SOE comparada com a imagem de radiografia 3D para corroborar a alteração detectada na eletrofisiologia e decidir por reinserção do feixe de eletrodos ou não, dos pacientes avaliados quatro apresentaram dobra em ambos os métodos,

sendo realizado nova SOE após a segunda inserção que, desta vez, apresentou a medida eletrofisiológica padrão, com posterior confirmação por imagem radiológica. Resultado semelhante foi visto por Walkowiak *et al.* (2010) que aferiu a medida da SOE em 200 pacientes pós IC, subsequentemente realizou tomografia computadorizada nos dois casos que apresentaram SOE alterada, com ratificação do achado de dobra. Ambos os métodos de imagem conseguem ter uma boa visualização do feixe de eletrodos, embora não sejam tão acurados como a TCFC (BURCK *et al.*, 2021).

2.3 Tomografia computadorizada de feixe cônico

A TCFC, também conhecida por tomografia *cone beam*, faz parte do arsenal diagnóstico odontológico e craniomaxilofacial, porém estudos recentes validaram seu uso para localizar o arranjo de eletrodos intracocleares (SISMONO *et al.*, 2022), por sua imagem e reconstrução tridimensional possuírem alta definição no posicionamento intraescalar, dobras e torções nos feixes, entre outras alterações de alocação da matriz de eletrodos que podem ser detectados com precisão e clareza (Figura 5) (LATHUILLIÈRE *et al.*, 2017)(HELAL *et al.*, 2021); quando comparada a TCAR apresenta-se superior em qualidade e definição da imagem segundo estudo de Burck *et al.* (2021), em particular na localização do feixe de eletrodos.

Figura 5. Tomografia computadorizada de feixe cônico do osso temporal com feixe de eletrodos intracoclear



Exame em corte axial mostrando o posicionamento do feixe de eletrodos dentro da cóclea

Fonte: Widmann *et al.*, (2020)

A escolha da TCFC foi feita pela minimização dos artefatos metálicos, quando comparado a tomografia convencional, além da baixa dose de radiação, menor custo e facilidade de realização (CRUZ *et al.*, 2018) (BEVIS *et al.*, 2020). A figura 6 apresenta um equipamento compacto e confortável para o paciente que pode ficar sentado, em pé ou supino, assim como acomodar cadeiras de rodas durante a aquisição das imagens, garantindo acessibilidade a todos os indivíduos (SCARFE *et al.*, 2008) (GARIB *et al.*, 2007).

O aparelho é composto por duas partes principais uma que emite os raios X em forma de cone e um painel detector dos raios (Figura 7), é necessário apenas um giro de 360° em torno da cabeça do paciente para a obtenção de todas as imagens. A resolução da TCFC é determinada pelo tamanho do pixel do detector e o feixe de raios X pode ser contínuo ou pulsado, o que confere uma dose mais baixa de radiação e menor presença de artefatos metálicos (GARIB *et al.*, 2007).

Figura 6. Equipamento de tomografia computadorizada de feixe cônico



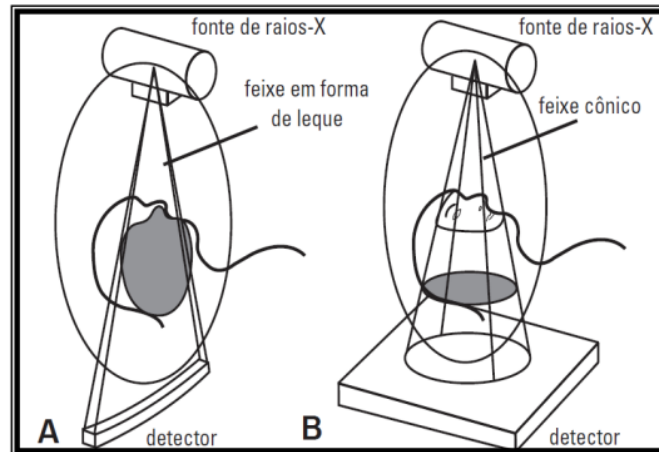
Tomógrafo da marca I-Cat, Imaging sciences International, Hatfield Pensilvania, EUA

Fonte: Garib (2007)

Ao término do exame, as imagens tridimensionais são adquiridas a partir das sequencias de imagens base (*raw data*) e realizada a reconstrução volumétrica em 3D, com auxílio de um *software* programado a partir de algoritmos instalados em um computador convencional conectado ao tomógrafo (Figura 6). A realização do exame

varia de 10 a 70 segundos, porém a exposição efetiva a radiação é mínima, variando de 3 a 6 segundos (GARIB *et al.*, 2007).

Figura 7. Comparação gráfica da fonte e detector dos raios-x



A mostra o tomógrafo convencional e B tomografia de feixe cônico.

Fonte: Garib (2007)

Por se tratar de um exame de reduzida dose de radiação, rápida aquisição, minimização dos artefatos metálicos, boa acurácia no posicionamento dos eletrodos e disponibilidade elevada se configura uma opção viável de uso nos pacientes submetidos a implante coclear. Estes necessitam realizar tomografias quando apresentam resultado audiológico pobre (SISMONO *et al.*, 2022), (GARIB *et al.*, 2007), (CRUZ *et al.*, 2018), (BEVIS *et al.*, 2020).

3 METODOLOGIA

3.1 Tipo de Estudo e população

Estudo descritivo do tipo série de casos com uma população de oito adultos usuários de IC, selecionados através dos prontuários de adultos submetidos a cirurgia de IC no Hospital Agamenon Magalhães (HAM) do período de 2010 a 2022 que mantêm acompanhamento no ambulatório de otorrinolaringologia e que utilizem dispositivos compatíveis com a medida da SOE.

O estudo teve a aprovação do comitê de ética do HAM em 28 de abril de 2021 de número 45706721.4.0000.5197 pela resolução CNS 466/12. (Anexo B)

3.2 Critérios de inclusão

Indivíduos com idade maior ou igual a 18 anos, que foram submetidos a cirurgia de IC em pelo menos uma das orelhas, com dispositivo de qualquer marca e modelo de unidade interna compatível com a realização da pesquisa da SOE e com resposta neural presente.

3.3 Critérios de exclusão

Pacientes com malformação e/ou ossificação coclear.

3.4 Local de Estudo

A coleta de dados foi realizada no acervo de prontuários do HAM, serviço que presta assistência aos pacientes do Sistema Único de Saúde (SUS) e está localizado na região metropolitana do Recife, estado de Pernambuco, sendo referência na área de otorrinolaringologia no estado e credenciado junto ao Ministério da Saúde para realização de cirurgias de IC. Os setores do hospital que estão diretamente envolvidos na coleta dos dados primários (medida da SOE) deste estudo são o ambulatório de otorrinolaringologia e fonoaudiologia, já a TCFC foi realizada pelo centro de medicina

diagnóstica Boris Berenstein, um serviço privado especializado na realização de exames de imagem, também localizado na região metropolitana do Recife.

3.5 Período de referência

Os dados foram coletados entre março e dezembro de 2022.

3.6 Método

Os pacientes foram recrutados a partir do banco de dados dos prontuários de IC do setor de otorrinolaringologia e fonoaudiologia do HAM, todos adultos submetidos a cirurgia de IC do período de 2010 a 2022 que mantêm acompanhamento no ambulatório de otorrinolaringologia e que utilizem dispositivos compatíveis com a medida da SOE. Na pré-seleção os prontuários foram analisados para identificação de possíveis participantes e obtenção de dados secundários como: identificação, avaliação audiológica e relatório cirúrgico. Os indivíduos aptos perante os critérios de elegibilidade supracitados, foram convidados a participar do estudo, composto por três etapas.

Na etapa um, no ambulatório de otorrinolaringologia, foi realizado uma entrevista inicial e preenchimento da ficha de coleta de dados estruturada pela equipe responsável pelo estudo (Apêndice A) e assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), que consta no Anexo A.

Na etapa dois, no ambulatório de Fonoaudiologia, o paciente foi submetido a coleta dos dados primários compostos pelas medidas da SOE, feita por uma fonoaudióloga da equipe de IC, com mais de dez anos de experiência em mapeamento e realização de medidas audiológicas objetivas. A pesquisa da SOE foi gerada por meio do uso do *software* específico disponibilizado por cada empresa de IC, instalado em um microcomputador portátil que foi acoplado à interface de programação portátil (PPS, do inglês *portable programming system*) e ao processador de fala, ambos específicos para cada marca de IC. Os mesmos equipamentos foram também utilizados nos procedimentos que precedem obrigatoriamente a aquisição da SOE.

O primeiro desses procedimentos foi a telemetria de impedâncias e para tal fim, no IC da marca cóclea; foi usada uma corrente elétrica apresentada com 250 pulsos por segundo, com duração de 25 μ s por fase, em uma intensidade média de 100 unidades de corrente (equivalente a aproximadamente 0,2mA). Os valores foram considerados normais quando entre 1,5 kilo Ohms (k Ω) e 20k Ω nos modos MP1 (eletrodo monopolar extracoclear 1), MP2 (eletrodo monopolar extracoclear 2) e MP1+2 e entre 0,7k Ω e 20k Ω no modo *Common Ground* (CG). Eletrodos com impedâncias alteradas não foram utilizados para a gravação do ECAP, sendo substituídos por um eletrodo adjacente (GUEDES *et al.*, 2005).

Depois foi executada a mensuração da NRT que utilizou o mascaramento antecipado associado ao método de subtração, no qual o estímulo é transmitido com um atraso específico em relação ao mascaramento (dado em sequência) para aproveitar o período refratário dos neurônios da via auditiva. O método de subtração é utilizado automaticamente pelo software para a separação das respostas neurais dos artefatos elétricos.

Nos eletrodos da marca Med-EI, foi realizado a telemetria de resposta auditiva (ART) automática por meio do *software* Med-EI Maestro CI com os seguintes parâmetros: amplitude máxima de até 900 cu no pós-operatório e até 1200 cu no intraoperatório, amplitude mínima de 200 cu, duração de 40 ms por fase, carga máxima de 40 qu, pulso bifásico, cinco interações, Gap de um e sete de amplitude *values*; posteriormente foi realizada sua gravação. Quanto ao artefato de estimulação, este foi removido usando uma abordagem de estimulação alternada ou polaridade alternada. No qual cada medição foi realizada duas vezes, com um pulso de estimulação catódica/anódica e posteriormente anódica/catódica, respectivamente. Ao calcular a média das duas medições, o artefato de estimulação desaparece e o sinal do ECAP permanece. O artefato de gravação foi removido subtraindo um modelo de amplitude zero (Brill *et al.* 2009).

As medidas da SOE foram realizadas pela técnica padrão de mascaramento prévio (*forward masking technique*), usando um eletrodo sonda fixo e o mascarador variando automaticamente, dessa forma, a curva de amplitude do NRT pode ser construída em função do eletrodo mascarador. Para avaliação da posição apical da cóclea foram usados os eletrodos 2 ou 3 (eletrodos Med-EI) e 14 ou 15 (eletrodos

Cochlear) como estimuladores, na posição medial 6 ou 7 (eletrodos Med-EI) e 10 ou 11 (eletrodos Cochlear) e na posição basal foram usados os eletrodos 10 ou 11 (eletrodos Med-EI) e 2 ou 3 (eletrodos Cochlear) e a depender do modelo do implante a posição do eletrodo estimulado pode ser alterada para alcançar as três posições desejadas).

Para os feixes de eletrodos da marca Cochlear o nível de mascaramento (*masker level*) foi colocado em dez unidades de corrente acima do nível utilizado para a estimulação (*probe level*) ou 20, se a primeira tentativa não apresentasse resposta. O intervalo interpulso foi fixado em 500 μ s e a velocidade de estimulação foi 80Hz em séries de 25 μ s por fase. Os demais parâmetros, como ganho do amplificador, *delay* (intervalo de tempo entre o final do estímulo e a gravação da resposta) e distância entre MP1 e MP2, foram ajustadas e modificadas de acordo com o proposto por Abbas *et al.*, 1999, para obtenção da melhor morfologia de onda possível.

Na análise do resultado apresentado pelo *software*: as amplitudes do ECAP abaixo de 5 μ V foram excluídas considerando que o ruído de base do amplificador interno está em torno de 2 μ V (PATRICK *et al.*, 2006). Os parâmetros da SOE no estímulo prova foram realizados com o eletrodo ativo variando de acordo com a posição a ser aferida; MP1 sendo o eletrodo indiferente, a um nível de corrente 10 unidades acima do limiar do ECAP, largura de pulso de 25 μ s e taxa de estimulação de 40Hz, para o eletrodo mascarador foi realizado a variação do eletrodo em torno do eletrodo alvo, com eletrodo indiferente MP1, mesmo nível de corrente do estímulo alvo, largura de pulso mascarador de 25 μ s e intervalo entre o mascarador e o alvo de 400 μ s. O registro foi feito com o eletrodo sonda (ativo) escolhido de acordo com a área de avaliação, eletrodo indiferente MP2, ganho do amplificador de 50dB e *delay* de 122 μ s, técnica de cancelamento de artefato com mascaramento prévio; as promediações foram realizadas com 50 varreduras por ciclo, janela de medida de 1600 μ s e taxa de amostragem efetiva de 20kHz (GOFFI-GOMEZ *et al.*, 2014).

Para os eletrodos Med-EI o nível de mascaramento (*masker level*) foi colocado uma carga 20% acima do nível utilizado para a estimulação ou 30% deste, se a primeira tentativa não apresentasse resposta. A amplitude do mascaramento foi de 95%, com tempo de duração de 40 μ s, 15 promediações, *delay* de 145 μ s e carga

máxima de 24qu, conforme orientações da comissão científica de medidas objetivas da própria empresa (Med-EI 2020). Foram utilizadas medidas distintas para cada marca de IC de acordo com o *software* e os parâmetros fornecido pela própria empresa do IC.

Na terceira e última etapa do estudo os pacientes realizaram a tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC), no centro diagnóstico Boris Berenstein, realizada pelo aparelho CBCT i-CAT Next Generation (*Imaging Sciences International, Hartfield, PA, USA*) (Figura 8).

As imagens foram adquiridas em cortes axiais, coronais e sagitais oblíquos com 0,15mm de espessura e reconstrução de 1 a 2mm, cada pitch (360°) realizado em 18 segundos pelo Sensor Flat Painel, com tensão do tubo de 120kV e 8mA de corrente.

As imagens foram armazenadas no Imagens DICOM 3, e resgatada nos prontuários para análise, que foi realizada por dois otorrinolaringologistas e um radiologista experientes na área de diagnóstico por imagem e IC, de modo independente, todos cegados em relação ao resultado do SOE. Foram avaliados: posicionamento do feixe de eletrodos em relação as rampas, presença de dobras ou torções na matriz dos eletrodos e a existência de inserção incompleta, realizada pela contagem no número de eletrodos extracocleares (BOYER *et al.*, 2015).

Figura 8. Aparelho de tomografia computadorizada de feixe cônico utilizada no estudo.



CBCT i-CAT Next Generation

3.7 Variáveis

As variáveis avaliadas estão descritas na tabela abaixo.

Tabela 1. Descrição das variáveis do estudo

Variáveis	Descrição da variável
Idade	Descrita em anos (IBGE, 1990).
Sexo	Masculino ou feminino (IBGE, 1990).
Tempo de implantação	Período entre a data da implantação (em anos) e a coleta dos dados.
Tempo de privação auditiva	Período entre a perda auditiva e o início do estímulo sonoro (em anos).
Etiologia da perda auditiva	Patologia desencadeadora da alteração da função auditiva: genéticas, sindrômicas, doenças infecciosas e congênitas
Marca da unidade interna do IC	Todas as marcas que permitam a realização do SOE, sendo elas: Med-El e Cochlear
Modelo da unidade interna do IC	Em relação ao feixe de eletrodos e posicionamento intracoclear (parede lateral ou pré-curvado)
Localização do feixe de eletrodos pela imagem	Diz respeito à: rampa de inserção, translocação, inserção insuficiente (realizado pela contagem de eletrodos extracocleares), tortuosidade no feixe de eletrodos e dobra da ponta do arranjo (WIDMANN <i>et al.</i> , 2020) (BOYER <i>et al.</i> , 2015).
Dispersão irregular de energia nos eletrodos	Dispersão irregular é quando a amplitude da resposta do ECAP cresce à medida que o mascarador é afastado do eletrodo sonda (COHEN <i>et al.</i> , 2003)
Número dos eletrodos com dispersão irregular de energia	Ordem numérica dos eletrodos definidas pelo fabricante: feixe Med-El 1 a 12 (sendo o 1 o eletrodo mais apical e 12 o mais basal), feixe Cochlear 1 a 22 (sendo o 1 o eletrodo mais basal e 22 o mais apical) (DHANASINGH; JOLLY, 2017).

Localização dos eletrodos com dispersão irregular de energia	Eletrodos apicais (localizados na região mais superior da cóclea), basais (localizados no giro basal da cóclea) e mediais (entre as duas regiões descritas) (GOFFI-GOMEZ <i>et al.</i> , 2014).
--	---

4 RESULTADOS

RELAÇÃO DA DISPERSÃO DE EXCITAÇÃO E O POSICIONAMENTO DO FEIXE DE ELETRODOS EM PACIENTES SUBMETIDOS A IMPLANTE COCLEAR

Kiara Kalline Medeiros*, Lilian Ferreira Muniz*, Marco Antônio Frazão**, Silvio Caldas Neto*, Mariana de Carvalho Leal*.

*Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)

** Faculdade de Odontologia do Recife (FOR)

Resumo

Objetivo: Analisar a relação entre a medida da dispersão de excitação e o posicionamento do feixe de eletrodos identificada por imagem em pacientes submetidos a implante coclear. **Método:** Trata-se de um tipo série de casos com avaliação de pacientes adultos submetidos a cirurgia de implante coclear. A coleta dos dados foi realizada em três etapas, iniciada com a captação dos pacientes nos prontuários, posteriormente foi realizada a medida da dispersão de excitação, e na última etapa a avaliação da tomografia computadorizada de feixe cônico para caracterização do posicionamento do feixe de eletrodos intracoclear através da localização do eletrodo em relação as rampas cocleares e identificação de dobras e tortuosidades. **Resultados:** Foram estudadas doze orelhas de oito pacientes com duas marcas diferentes de implante coclear, houve alteração na dispersão de excitação em duas orelhas sugestiva de dobra que foi comprovada pela tomografia de feixe cônico. A apreciação das imagens mostrou translocação e dobra concomitante em dois feixes de eletrodos e translocação isolada em um feixe. A medida da dispersão de excitação foi alterada apenas nos eletrodos dobrados. **Conclusão:** A medida da dispersão de excitação foi capaz de detectar alterações no posicionamento do feixe de eletrodos e confirmada pela tomografia computadorizada de feixe cônico, sobretudo na presença de dobra do feixe de eletrodos.

Palavras-chave: Implante coclear, dispersão de excitação, posicionamento de eletrodos, tomografia computadorizada de feixe cônico.

Introdução

O implante coclear (IC) é o tratamento de escolha para os pacientes com surdez neurossensorial severa ou profunda bilateral [1][2]. Cerca de 13% destes apresentam baixo desempenho auditivo [3], isso pode ser reflexo de alterações no funcionamento e/ou localização do feixe de eletrodos como: a inserção insuficiente ou excessiva da matriz, translocação entre as rampas, dobra do feixe, entre outros. Caso ocorra alguma alteração no feixe de eletrodos o resultado audiológico pode ser aquém do esperado.

A avaliação dos eletrodos pode ser realizada no intra ou no pós-operatório por meio de métodos eletrofisiológicos ou de imagem. A investigação intraoperatória tem vantagens por permitir uma ação instantânea quando diante de problemas com o conjunto de eletrodos, durante ou imediatamente após sua inserção. Os testes eletrofisiológicos realizados durante o transoperatório, tem a finalidade de verificar a integridade do dispositivo de implantação, sua localização intracoclear, auxiliar no mapeamento pós-operatório [4]; e fornecer informações indiretas sobre alocação do feixe de eletrodos.

Por meio da realização de: impedância, potencial de ação composto eletricamente evocado (ECAP), telemetria de resposta neural (NRT), dispersão de excitação, do inglês *spread of excitation* (SOE), entre outros métodos. O registro do ECAP tem como função avaliar a integridade do dispositivo implantado e seu acoplamento funcional ao sistema auditivo, mas não avalia alterações anatômicas do conjunto de eletrodos inseridos, como tortuosidade ou dobra [5], essas variantes podem ser estimadas com o uso da SOE intra ou pós-operatória [6], medida esta, eleita pela literatura internacional como referência para aferir indiretamente a posição dos eletrodos intracocleares [7]. A rotina radiológica pós-operatória no IC é necessária na avaliação do trauma de inserção e alterações no feixe de eletrodos, dessa forma contribui para otimizar a programação individual do processador de som [8]. Essa colaboração nos resultados audiológicos é devida a precisa localização dos eletrodos em suas respectivas áreas tonotópicas intracocleares, e realização de técnicas para reprogramação e/ou desativação de eletrodos baseada nas imagens, o que possibilita melhores resultados audiológicos. Recentemente a tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC) foi descrita como o melhor método para análise radiológica pós IC pelas vantagens de apresentar excelente visualização dos eletrodos intracocleares por reconstrução tridimensional, associado a diminuta dose de radiação, menor número de artefatos metálicos, rápida realização e baixo custo [3].

A necessidade de detectar alterações nos feixes de eletrodos como dobra ou tortuosidades da matriz está no fato de os segmentos tortuosos ou dobrados afetarem a dispersão da corrente dos eletrodos adjacentes devidamente alocados [5]. A correta localização do arranjo de eletrodos dentro da cóclea é fator determinante para o bom resultado audiológico [4]. Em 2017 Labadie *et al.*, [9] constataram que a desativação seletiva dos eletrodos sobrepostos pode melhorar o desempenho auditivo, dando suporte para a reprogramação baseada em exames de imagem antes de se considerar uma cirurgia revisional.

A SOE é um método eletrofisiológico que permite a verificação intra e pós-operatória do correto posicionamento intraescalar do arranjo de eletrodos do IC, e oferece a possibilidade de documentar a topografia dos eletrodos implantados sem qualquer exposição à radiação; segundo estudos de Grolman *et al.* (2009) e Walkowiak *et al.* (2010). A SOE é um tipo especial de medição do ECAP usando o algoritmo de mascaramento direto com o modo de estimulação de mascarador modificado que foi descrito por Cohen *et al.* em 2003[10]. No qual, após a entrega de um estímulo, os potenciais intracocleares são registrados pela telemetria e posteriormente as respostas são medidas no processador de fala [9]. Seu princípio é baseado no fato de que a resposta neural só pode ser registrada quando um pulso de mascaramento direto é aplicado para cancelar o artefato do estímulo. Quanto menor for o efeito de mascaramento, menor será a resposta do ECAP, ou seja, existe uma redução na eficácia da estimulação do mascarador com o aumento da distância entre os pulsos de estimulação do mascarador e da sonda (eletrodo estimulado, que capta a resposta do mascarador), isso resulta em menos efeitos de mascaramento, movendo o pulso de estimulação do mascarador para longe do eletrodo sonda, com esta fixa e o mascarador variando ao longo do arranjo de eletrodos [11][12].

O paradigma da SOE pode ser usado para investigar seletividade e sobreposição de campos de excitação neural, o último dos quais pode ser causado por dobramento ou tortuosidades no feixe de

eletrodos, pois o posicionamento adequado dos eletrodos leva a uma queda na amplitude do ECAP do centro para a periferia em relação ao eletrodo sonda [9]. O eletrodo dobrado é identificado pela presença de mais de um local com curva máxima da SOE (e nível mínimo ou zero na plotagem do ECAP) para pelo menos duas posições do eletrodo sonda, em alguns gráficos aparecem como onda em duplo pico e outras vezes como duplo vale dependendo do software utilizado [4]. O método SOE detecta com facilidade a dobra do arranjo de eletrodos, dispensa uso de radiação, e se caracteriza como uma técnica acessível de simples manuseio, por meio do uso de software específico fornecido pela própria empresa do IC [4].

Outra forma de avaliar o posicionamento do feixe de eletrodos intracoclear é com realização de exames de imagem, entre eles a TCFC, também conhecida por tomografia cone beam, faz parte do arsenal diagnóstico odontológico e craniomaxilofacial, porém estudos recentes validaram seu uso para localizar o arranjo de eletrodos intracocleares [13], por sua imagem e reconstrução tridimensional possuem alta definição no posicionamento intraescalar, nas dobras ou torções de arranjos de eletrodos, entre outras alterações de alocação da matriz de eletrodos que podem ser detectados com precisão e clareza [14][15]; quando comparada a TCAR apresenta-se superior em qualidade e definição da imagem segundo estudo que Burck *et al.* [16] publicou em 2021, em particular na localização do feixe de eletrodos [17][18]. Trata-se de um equipamento compacto e cômodo para o paciente que pode ficar sentado, em pé ou supino, assim como acomodar cadeiras de rodas durante a aquisição das imagens, garantindo acessibilidade a todos os indivíduos [19][20].

O objetivo desse estudo é analisar a relação entre a medida da SOE e o posicionamento do feixe de eletrodos identificada por imagem em pacientes adultos submetidos a IC, identificar o posicionamento dos eletrodos através das imagens da TCFC, descrever as medidas da SOE e comparar o posicionamento dos eletrodos intracocleares vistos através das imagens da TCFC com a dispersão de excitação.

Metodologia

Tipo de Estudo e população

Estudo do tipo série de casos com amostra por conveniência formada por doze orelhas de oito adulto usuários de IC. O estudo foi aprovado pelo comitê de ética em pesquisa com número 45706721.4.0000.5197.

Critérios de inclusão

Indivíduos com idade maior ou igual a 18 anos, que foram submetidos a cirurgia de IC em pelo menos uma das orelhas, com dispositivo de qualquer marca e modelo de unidade interna compatível com a realização da pesquisa da SOE.

Critérios de exclusão

Pacientes com malformação e/ou ossificação coclear.

Local de Estudo e período de coleta

A coleta dos dados primários e secundários foi realizada entre os meses de março e dezembro de 2022 nos prontuários de um hospital público localizado no Nordeste do Brasil, que é referência na

área de otorrinolaringologia e credenciado para realização de cirurgias de IC; e a TCFC em um centro de medicina diagnóstica especializado nesse tipo de exame.

Método

Os pacientes foram recrutados a partir do banco de dados dos prontuários de IC do setor de otorrinolaringologia e fonoaudiologia. Os pacientes, aptos foram convidados a participar do estudo, composto por três etapas subsequentes. Para os que se enquadraram nos critérios estabelecidos e assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), foi realizada a etapa um, no ambulatório de otorrinolaringologia, composta por coleta dos dados secundários com: preenchimento de ficha de coleta de dados, estruturada pela equipe responsável pelo estudo.

Na etapa dois do estudo, no ambulatório de fonoaudiologia, o paciente foi submetido a coleta do dado primário que corresponde a medida da SOE, feita por uma fonoaudióloga da equipe de IC, com mais de dez anos de experiência em mapeamento e realização de medidas audiológicas objetivas. A pesquisa da SOE foi gerada por meio do uso do *software* específico disponibilizado por cada empresa de IC, instalado em um microcomputador portátil que foi acoplado à interface de programação portátil (PPS, do inglês *portable programming system*) e ao processador de fala, ambos específicos para cada marca de IC. Os mesmos equipamentos foram também utilizados nos procedimentos que precedem obrigatoriamente a aquisição da SOE.

O primeiro desses procedimentos foi a telemetria de impedâncias e para tal fim, no IC da marca cóclea; foi usada uma corrente elétrica apresentada com 250 pulsos/s, com duração de 25µs por fase, em uma intensidade média de 100 unidades de corrente (equivalente a aproximadamente 0,2mA). Os valores foram considerados normais entre 1,5kΩ e 20kΩ nos modos MP1(eletrodo monopolar extracoclear 1), MP2(eletrodo monopolar extracoclear 2) e MP1+2 e entre 0,7kΩ e 20kΩ no modo *Common Ground* (CG). Eletrodos com impedâncias alteradas não foram utilizados para a gravação do ECAP, sendo substituídos por um eletrodo adjacente (GUEDES et al., 2005). Depois foi executada a mensuração da NRT que utilizou o mascaramento antecipado associado ao método de subtração, em que este é utilizado automaticamente pelo *software* para a separação das respostas neurais dos artefatos elétricos.

Nos eletrodos da marca Med-El, foi realizado a telemetria de resposta auditiva (ART) automática por meio do software Med-El Maestro CI com os seguintes parâmetros: amplitude máxima de até 900Uc no pós-operatório e até 1200Uc no intraoperatório, amplitude mínima de 200Uc, duração de 40ms por fase, carga máxima de 40Qu, pulso bifásico, cinco interações, *Gap* de um e sete de amplitude *values*; posteriormente foi realizada sua gravação. Quanto ao artefato de estimulação, este foi removido usando uma abordagem de estimulação alternada ou polaridade alternada. No qual cada medição foi realizada duas vezes, com um pulso de estimulação catódica/anódica e posteriormente anódica/catódica, respectivamente. Ao calcular a média das duas medições, o artefato de estimulação desaparece e o sinal do ECAP permanece. O artefato de gravação foi removido subtraindo um modelo de amplitude zero (Brill et al. 2009).

As medidas da SOE foram realizadas pela técnica padrão de mascaramento prévio (*forward masking technique*), usando um eletrodo sonda fixo e o mascarador variando automaticamente, dessa forma, a curva de amplitude do NRT pode ser construída em função do eletrodo mascarador. Para avaliação da posição apical da cóclea foram usados os eletrodos 2 ou 3 (eletrodos Med-EI) e 14 ou 15 (eletrodos Cochlear) como estimuladores, na posição medial 6 ou 7 (eletrodos Med-EI) e 10 ou 11 (eletrodos Cochlear) e na posição basal foram usados os eletrodos 10 ou 11 (eletrodos Med-EI) e 2 ou 3 (eletrodos Cochlear) e a depender do modelo do implante a posição do eletrodo estimulado pode ser alterada para alcançar as três posições desejadas.

Para os feixes de eletrodos da marca Cochlear o nível de mascaramento (*masker level*) foi colocado em dez unidades de corrente acima do nível utilizado para a estimulação (*probe level*) ou 20, se a primeira tentativa não apresentasse resposta. O intervalo interpulso foi fixado em 500µs e a velocidade de estimulação foi 80Hz em séries de 25µs por fase. O registro foi feito com o eletrodo sonda (ativo) escolhido de acordo com a área de avaliação, ganho do amplificador de 50dB e delay de 122µs, técnica de cancelamento de artefato com mascaramento prévio; as promediações foram realizadas com 50 varreduras por ciclo, janela de medida de 1600µs e taxa de amostragem efetiva de 20kHz (GOFFI-GOMEZ et al., 2014).

Para os eletrodos Med-EI o nível de mascaramento (*masker level*) foi colocado uma carga 20% acima do nível utilizado para a estimulação ou 30% deste, se a primeira tentativa não apresentasse resposta. A amplitude do mascaramento foi de 95%, com tempo de duração de 40µs, 15 promediações, delay de 145µs e carga máxima de 24Qu, conforme orientações da comissão científica de medidas objetivas da própria empresa (Med-EI 2020). Foram utilizadas medidas distintas para cada marca de IC de acordo com o software e os parâmetros fornecido pela própria empresa do IC.

Na terceira e última etapa do estudo os pacientes realizaram a TCFC, no centro diagnóstico Boris Berenstein, pelo aparelho CBCT i-CAT Next Generation (*Imaging Sciences International, Hartfield, PA, USA*) nos cortes axiais, coronais e sagitais oblíquos com 0,15 mm de espessura e reconstrução de 1 a 2 mm, cada pitch (360°) realizado em 18 segundos pelo Sensor Flat Painel, com tensão do tubo de 120 kV e 8 mA de corrente, as imagens foram armazenadas no Imagens DICOM 3, e resgatadas nos prontuários para análise, que foi realizada por dois otorrinolaringologistas e um radiologista experientes na área de diagnóstico por imagem e IC, de modo independente, todos cegados em relação ao resultado do SOE. Composto os dados secundários do estudo foram avaliados: posicionamento do eletrodo em relação as rampas, presença de dobras ou tortuosidades na matriz do eletrodo e a existência de inserção incompleta.

Resultados

A amostra foi composta de oito pacientes (cinco mulheres), com avaliação de 12 orelhas, e dois deles implantados com eletrodos pré-curvados (quadro 1). Foi observada a dobra em duas matrizes de eletrodos e a translocação em três, além disso dois dos feixes translocados também apresentaram dobra (figura 1). A figura 2 mostra duas TCFC com posicionamento adequado e densidades do material do eletrodo diferentes.

Quadro 1. Características gerais da população do estudo por orelha implantada

Orelhas	Idade (anos)	Sexo	lateralidade	Etiologia da perda auditiva	Tempo de privação auditiva (anos)	Tempo de implantado (anos)	Marca do IC	Modelo da unidade interna	Dobra na TCFC	Eletrodos conflitantes	Translocação	Eletrodos fora da cóclea	Eletrodos com SOE alterada
1	27	M	esquerda	Idiopática	2	10	Med-EI	Sonata medium	Não	Não	Não	Não	Não
2	27	M	direita	Idiopática	2	0,5	Med-EI	Flex 28	Não	Não	Não	Não	Não
3	56	F	esquerda	Otosclerose	1	1,1	Cochlear	CI 422	Não	Não	Não	Não	Não
4	56	F	direita	Otosclerose	1	0,3	Cochlear	CI 422	Não	Não	Não	Não	Não
5	31	F	direita	Meningite	2	7	Cochlear	CI 422	Não	Não	Não	Não	Não
6	50	M	direita	Trauma	0,5	11	Cochlear	CI 422	Não	Não	Não	Não	Não
7	51	M	esquerda	Trauma	0,2	1,1	Med-EI	Sonata standard	Não	Não	Não	Não	Não
8	31	F	direita	Idiopática	2	10	Med-EI	Sonata standard	Não	Não	Não	Sim 4 eletrodos	Não
9	31	F	esquerda	Idiopática	2	0,3	Med-EI	Flex 28	Não	Não	Não	Não	Não
10	60	F	direita	Meningite	40	7	Cochlear	CI 422	Não	Não	Sim	Não	Não
11	36	F	direita	Rubéola congênita	2	1	Cochlear	CI 632	Sim	Sim	Sim	Não	Sim
12	36	F	esquerda	Rubéola congênita	2	1	Cochlear	CI 632	Sim	Sim	Sim	Não	Sim

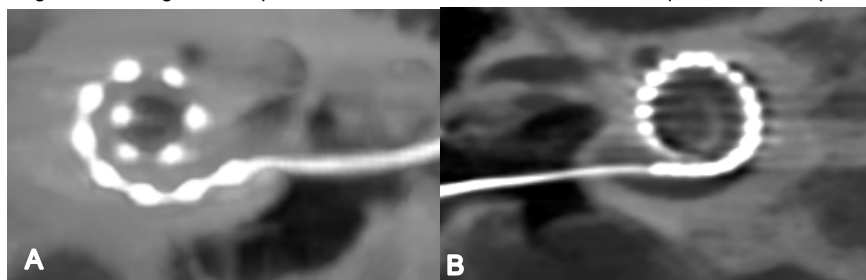
Figura 1. Tomografia computadorizada de feixe cônico de osso temporal em corte sagital oblíquo



Figura 1A apresenta um feixe de eletrodos intracoclear dobrado na orelha direita, 1B feixe dobrado na orelha esquerda 1C feixe de eletrodos translocado

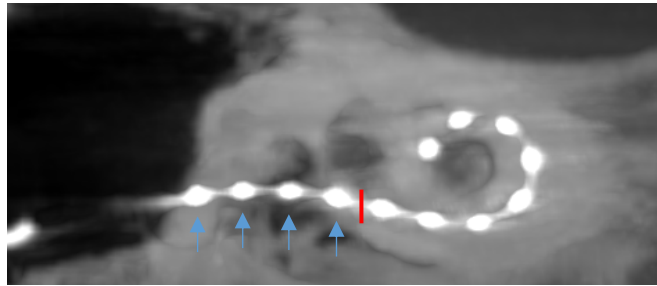
Em um feixe de eletrodos, um eletrodo sonda foi modificado em função da presença de quatro eletrodos fora da cóclea após a inserção cirúrgica (figura 3). Foram verificados os eletrodos de número 3, 6 e 8 (ao invés do 10 pré-selecionado); para ápice, giro médio e basal respectivamente. Na análise da SOE apenas duas orelhas apresentaram alterações nos resultados, sugestivo de dobra conforme apresentado no quadro 2 que contém as características da amostra em relação a dispersão de excitação dos eletrodos.

Figura 2. Tomografia computadorizada de feixe cônico em corte oblíquo do osso temporal



Apresentação do adequado posicionamento do feixe de eletrodos intracoclear em 3A feixe Med-EI e 3B feixe Cochlear

Figura 3. Tomografia computadorizada de feixe cônico em reconstrução 3D



As setas azuis mostram os contatos de eletrodos extracocleares e a barra vermelha a topografia da membrana da janela redonda

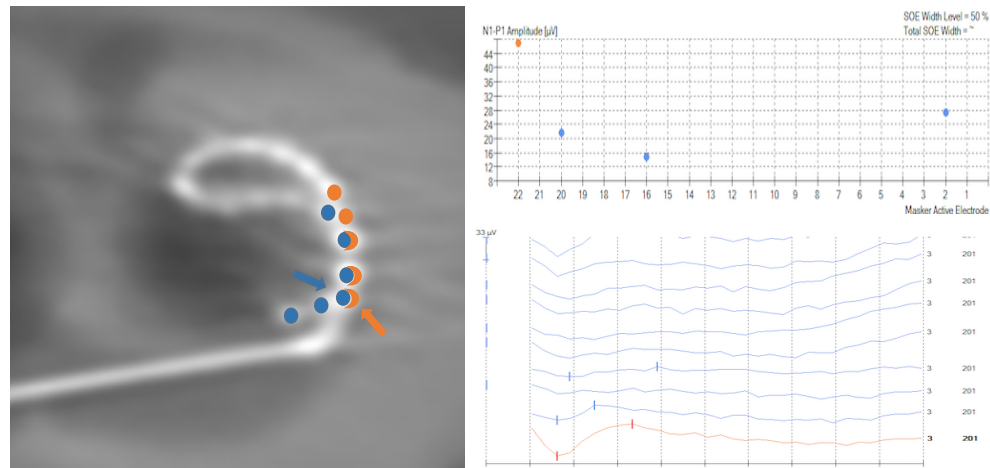
Quadro 2. Características da dispersão de excitação nos eletrodos

	Eletrodos avaliados	Eletrodos com SOE alterada
1	3, 6, 10	Não
2	3, 6, 10	Não
3	2, 11, 15	Não
4	2, 11, 15	Não
5	2, 11, 15	Não
6	2, 11, 15	Não
7	3, 6, 10	Não
8	3, 6, 8	Não
9	3, 6, 10	Não
10	2, 11, 15	Não
11	3, 11, 15	3 e 15
12	3, 11, 15	11

Na apreciação tomográfica foi observada a presença de dois feixes com dobras, ambos têm matriz pré-curvada, os pontos de dobra da orelha 11 foi nos eletrodos 12 e 13, com os eletrodos de 1 a 6 em contato com os eletrodos de 18 a 22 (figura 4), enquanto na orelha 12 a dobra ocorre a nível dos eletrodos 11 e 12/ 17 a 19 (figura 1B).

Os eletrodos 3 (figura 4) e 15 da orelha 11 e o eletrodo 11 na orelha 12 foram avaliados na SOE e manifestaram alteração da dispersão (figura 5). A figura 4 mostra a comparação da imagem tomográfica com a resposta da SOE, onde o eletrodo de número 3 (azul) está em contato com o eletrodo de número 22 (laranja) nas imagens da TCFC e a medida da SOE foi realizada com o eletrodo 3 como sonda e a resposta do mascarador foi captada no eletrodo 22, havendo correspondência entre os achados da TCFC e da SOE. As figuras 6 e 7 apresentam o padrão normal de medida da SOE da Cochlear e Med-El, respectivamente.

Figura 4. Comparação da resposta da dispersão de excitação com a imagem dos eletrodos intracocleares



A seta azul aponta para o eletrodo 3 sobreposto a imagem do eletrodo 22 na seta laranja, e a medida da SOE apresentada a direita com dispersão irregular do eletrodo 3 que apresentou pico no 22 e presença de onda de ECAP no eletrodo 3 representado pela linha laranja no gráfico inferior (*Software Costum Sound EP Cochlear Ltda.*)

Figura 5. SOE mostrando dispersão irregular do eletrodo 11 que apresentou pico no eletrodo 20 no gráfico a esquerda e presença de onda no ECAP a direita (*Software Costum Sound EP Cochlear Ltd*)

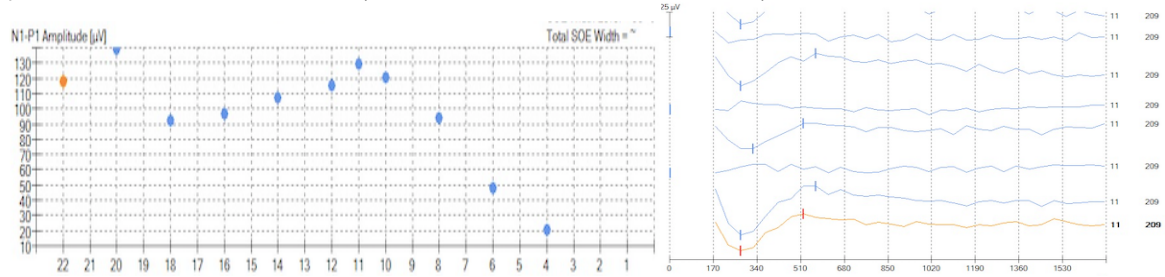


Figura 6. SOE sem alterações do eletrodo 11 no gráfico a esquerda e ausência de onda no ECAP a direita (*Software Costum Sound EP Cochlear Ltd*)

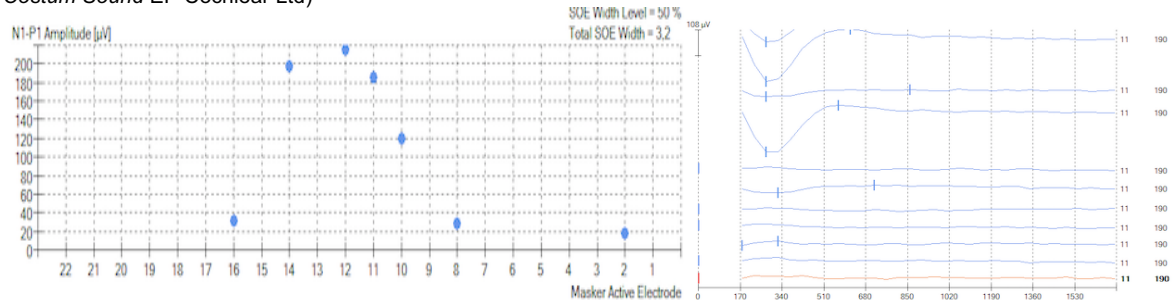
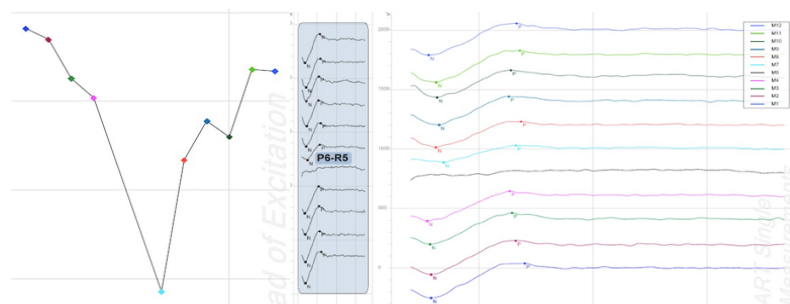


Figura 7. SOE do eletrodo 6 que apresentou pico negativo no gráfico a esquerda e ausência de onda no ECAP a direita (*Software Maestro Med-EI*)



Discussão

Na amostra avaliada foram encontrados dois feixes de eletrodos com dobra da matriz, ambos de matriz pré-curvada. Conforme vários estudos publicados [4][22][23][24] os feixes pré-curvados são os mais frequentemente associados a dobras, pois possuem uma matriz mais frágil e com maior dificuldade de inserção. Um trabalho [4] mostrou uma taxa de 6% de dobra, associada ou não a translocação, em sua amostra, sendo todos os feixes preimodiolares.

Um arranjo de eletrodos apresentou translocação na ausência de dobra, este por sua vez é um modelo reto, porém o IC foi realizado em um paciente pós-meningite, etiologia que predispõe à dificuldade de inserção do feixe, resultado semelhante foi visto por Nateghifard *et al.*, em 2019[1].

Nos dois feixes de eletrodos dobrados foi visto alteração nos parâmetros da SOE que se apresentou com padrão de duplo pico (quando a intensidade do ECAP decresce e posteriormente aumenta no eletrodo que está conflituando com o eletrodo sonda), enquanto no feixe com translocação apenas, não foi vista alteração alguma no padrão da SOE. Resultados semelhantes foram demonstrados nos estudos de Grolman *et al.* (2009) e Walkowiak *et al.* (2010) [4][25]. Em estudo prospectivo Grolman *et al.* (2009) [4] avaliaram 72 implantes usando a medida da SOE comparada com a imagem de radiografia 3D para corroborar a alteração detectada na eletrofisiologia e decidir por reinserção do feixe de eletrodos ou não, dos pacientes avaliados quatro apresentaram dobra em ambos os métodos, sendo realizada nova SOE após a segunda inserção que, desta vez, apresentou a medida eletrofisiológica padrão, com posterior confirmação por nova imagem radiológica. Resultado semelhante foi visto por Walkowiak *et al.* (2010)[25] que aferiu a medida da SOE em 200 pacientes pós IC, subsequentemente realizou tomografia computadorizada nos dois casos que apresentaram SOE alterada, com ratificação do achado de dobra. Ambos os métodos de imagem conseguem ter uma boa visualização do feixe de eletrodos, embora não sejam tão acurados como a TCFC, além de maior exposição à radiação [26][20].

Quatro estudos [4][25][26][27] foram encontrados na literatura comparando as medidas da SOE com exames de imagem, um deles não conseguiu comprovar associação da SOE com presença de mau posicionamento do feixe de eletrodos por se tratar de um evento pouco frequente [9]. Além disso, nenhum dos estudos usou a TCFC como instrumento comparador, tal fato mostra a relevância dessa pesquisa, pois a TCFC consegue isolar e localizar melhor cada ponto de contato dos eletrodos e aferir com segurança seu posicionamento.

As limitações deste estudo foram a presença de uma amostra relativamente pequena, no entanto foi possível avaliar a relação entre as medidas da SOE e o mau posicionamento dos eletrodos intracocleares, pois mesmo se tratando de um evento pouco frequente um dos pacientes (duas orelhas) apresentou dobra no feixe de eletrodos bilateralmente; assim como o longo período de realização do exame, por volta de dois minutos para avaliação de cada eletrodo.

Estudos com amostras maiores devem ser realizados para estabelecer melhor essa associação, porém o presente estudo encoraja a realização da medida da SOE como método de triagem para detecção de dobras na matriz de eletrodos do IC no intraoperatório, como proposto anteriormente por Müller *et al.* 2021[27]. Essa pode ser uma importante medida para evitar cirurgias revisionais, já que a matriz de eletrodos pode ser reinserida no mesmo tempo cirúrgico e o paciente

não será submetido a uma nova anestesia ou mesmo outra carga de radiação. Da mesma forma as empresas responsáveis pela realização da SOE devem se empenhar para desenvolver *softwares* mais ágeis na execução da medida, a fim de ter o mínimo prolongamento possível do tempo de anestesia dos pacientes, sabendo que o foco da medida é sua realização no intraoperatório.

Conclusão

Existe relação entre a medida da dispersão de excitação com o posicionamento do feixe de eletrodos, sobretudo a presença de dobra. No entanto, estudos com amostras maiores devem ser encorajados para confirmação dessa hipótese e a instituição de um protocolo de execução de tal medida, no intraoperatório dos pacientes submetidos a implante coclear; como forma de evitar cirurgias revisionais, resultados audiológicos pobres, assim como exposição desnecessária à radiação

Referências

1. NATEGHIFARD, Kayvan *et al.* Cone beam CT for perioperative imaging in hearing preservation Cochlear implantation – a human cadaveric study. **Journal Of Otolaryngology - Head & Neck Surgery**, [S.L.], v. 48, n. 1, p. 10-15, 21 nov. 2019. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1186/s40463-019-0388-x>.
2. WIDMANN, Gerlig *et al.* Pre and post-operative imaging of cochlear implants: a pictorial review. **Insights Into Imaging**, [S.L.], v. 11, n. 1, p. 1-20, 15 ago. 2020. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1186/s13244-020-00902-6>.
3. DANIELI, Fabiana *et al.* Auditory performance of post-lingually deafened adult cochlear implant recipients using electrode deactivation based on postoperative cone beam CT images. **European Archives Of Oto-Rhino-Laryngology**, [S.L.], p. 12-25, 25 jun. 2020. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s00405-020-06156-8>.
4. GROLMAN, Wilko *et al.* Spread of Excitation Measurements for the Detection of Electrode Array Foldovers: A Prospective Study Comparing 3-Dimensional Rotational X-ray and Intraoperative Spread of Excitation Measurements. **Otology & Neurotology, Inc.**, Amsterdam, v. 30, n. 2, p. 27-33, jan. 2009.
5. MCCLENAGHAN, Fiona; NASH, Robert. The Modified Stenver's View for Cochlear Implants – What do the Surgeons Want to Know? **Journal Of The Belgian Society Of Radiology**, Lonfres, v. 37, n. 104, p. 1-7, maio 2020.
6. DZIEMBA, Oliver *et al.* References for electrophysiological measurements for intraoperative verification of placement for several types of CI electrodes. **Zeitschrift Für Audiologie (Audiological Acoustics)**, [S.L.], v. 55, p. 50-56, maio 2016.
7. DIMAK, Balazs *et al.* Review of Electrode Placement with the Slim Modiolar Electrode: identification and management. **Ideggyógyászati Szemle**, [S.L.], v. 73, n. 1-2, p. 53-59, 2020. Ideggyogyaszati Szemle Journal. <http://dx.doi.org/10.18071/isz.73.0053>.
8. SIPARI, Sini *et al.* The Image Fusion Technique for Cochlear Implant Imaging: A Study of its Application for Different Electrode Arrays. **Otology & Neurotology, Inc.**, Kuopio, v. 40, n. 2, p. 1-7, dez. 2019.
9. LABADIE, Robert F. *et al.* Tip fold-over in cochlear implantation: case series. **Otol Neurotol**, Nashville, v. 38, n. 2, p. 199-206, fev. 2017.

10. COHEN, Lawrence T *et al.* Spatial spread of neural excitation in cochlear implant recipients: comparison of improved ecap method and psychophysical forward masking. **Hearing Research**, [S.L.], v. 179, n. 1-2, p. 72-87, maio 2003. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/s0378-5955\(03\)00096-0](http://dx.doi.org/10.1016/s0378-5955(03)00096-0).
11. HUGHES, Michelle L *et al.* ECAP spread of excitation with virtual channels and physical electrodes. **Hearing Research**, Omaha, v. 306, n. 1, p. 93-103, dez. 2013.
12. HOTH, Sebastian; DZIEMBA, Oliver Christian. The Role of Auditory Evoked Potentials in the Context of Cochlear Implant Provision. **Otology & Neurotology, Inc.**, Greifswald, v. 38, n. 2, p. 522-530, dez. 2017.
13. SISMONO, Fergio *et al.* 3D-localisation of cochlear implant electrode contacts in relation to anatomical structures from in vivo cone-beam computed tomography. **Hearing Research**, [S.L.], v. 426, p. 108537, dez. 2022. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.heares.2022.108537>.
14. LATHUILLIÈRE, Marine *et al.* Cone-beam computed tomography in children with cochlear implants: the effect of electrode array position on ecap. **International Journal Of Pediatric Otorhinolaryngology**, [S.L.], v. 92, p. 27-31, jan. 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijporl.2016.10.033>.
15. HELAL, R.A. *et al.* Cone-beam CT versus Multidetector CT in Postoperative Cochlear Implant Imaging: Evaluation of Image Quality and Radiation Dose. **Ajnr Am J Neuroradiol.**, [s. l.], v. 42, n. 1, p. 362-367, jan. 2021.
16. BURCK, Iris *et al.* Radiohistologic Comparison Study of Temporal Bone Specimens After Cochlear Implant Electrode Array Insertion: is cone-beam ct superior to mdct?. **American Journal Of Roentgenology**, [S.L.], v. 216, n. 3, p. 752-758, mar. 2021. American Roentgen Ray Society. <http://dx.doi.org/10.2214/ajr.20.23157>.
17. CRUZ, Melville J. da *et al.* Assessing Cochlear Length Using Cone Beam Computed Tomography in Adults With Cochlear Implants. **Otology & Neurotology**, [S.L.], v. 39, n. 9, p. 757-764, set. 2018.
18. BEVIS, Nicholas *et al.* Evaluation of artifacts of cochlear implant electrodes in cone beam computed tomography. **European Archives Of Oto-Rhino-Laryngology**, [S.L.], v. 278, n. 5, p. 1381-1386, 15 jul. 2020. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s00405-020-06198-y>.
19. SCARFE, William C. *et al.* What is Cone-Beam CT and How Does it Work? **Dental Clinics Of North America**, [S.L.], v. 52, n. 4, p. 707-730, out. 2008. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cden.2008.05.005>.
20. GARIB, Daniela Gamba *et al.* Tomografia computadorizada de feixe cônico (Cone beam): entendendo este novo método de diagnóstico por imagem com promissora aplicabilidade na ortodontia. **Revista Dental Press de Ortodontia e Ortopedia Facial**, [S.L.], v. 12, n. 2, p. 139-156, abr. 2007. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1415-54192007000200018>.
21. GOFFI-GOMEZ, Maria Valéria Schmidt. **Função de dispersão de excitabilidade e tempo de recuperação do nervo auditivo nos implantes cocleares em relação à etiologia da perda auditiva**, 2014, Tese Pós Doutorado (Departamento de Oftalmologia e Otorrinolaringologia) - Faculdade de Medicina da USP, São Paulo, 2014.
22. BRIGGS, Robert J. *et al.* Slim, Modiolar Cochlear Implant Electrode: Melbourne Experience and Comparison With the Contour Perimodiolar Electrode. **Otology & Neurotology, Inc.**, Melbourne, v. 41, n. 1, p. 639-643, maio 2020.
23. O'CONNELL, Brendan P. *et al.* Electrode Location and Angular Insertion Depth Are Predictors of Audiologic Outcomes in Cochlear Implantation. **Otology & Neurotology**, [S.L.], v. 37, n. 8, p. 1016-1023, set. 2016. Ovid Technologies (Wolters Kluwer Health). <http://dx.doi.org/10.1097/mao.0000000000001125>.

24. GABRIELPILLAI, Jennis *et al.* Incidence for Tip Foldover During Cochlear Implantation. **Otology & Neurotology**, [S.L.], v. 39, n. 9, p. 1115-1121, out. 2018. Ovid Technologies (Wolters Kluwer Health). <http://dx.doi.org/10.1097/mao.0000000000001915>.
25. WALKOWIAK, Adam *et al.* Spread of Excitation (SoE) — A Non-Invasive Assessment of Cochlear Implant Electrode Placement. **Cochlear Implants International**, [S.L.], v. 11, n. 1, p. 479-481, jun. 2010. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1179/146701010x12671177204787>.
26. BURCK, Iris *et al.* Radiohistologic Comparison Study of Temporal Bone Specimens After Cochlear Implant Electrode Array Insertion: is cone-beam ct superior to mdct?. **American Journal Of Roentgenology**, [S.L.], v. 216, n. 3, p. 752-758, mar. 2021. American Roentgen Ray Society. <http://dx.doi.org/10.2214/ajr.20.23157>.
27. MÜLLER, Alexander *et al.* Intraoperatives Tip-Foldover-Screening mittels Spread of Excitation Messungen. **Zeitschrift Für Medizinische Physik**, [S.L.], v. 31, n. 3, p. 276-288, ago. 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.zemedi.2020.07.002>.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Existe relação entre a medida da dispersão de excitação com o posicionamento do feixe de eletrodos, sobretudo a presença de dobra. No entanto, estudos com amostras maiores devem ser encorajados para confirmação dessa hipótese e a instituição de um protocolo de execução de tal medida, no intraoperatório dos pacientes submetidos a implante coclear; como forma de evitar cirurgias revisionais, resultados audiológicos pobres, assim como exposição desnecessária à radiação.

REFERÊNCIAS

- ABBAS, Paul J. *et al.* Summary of Results Using the Nucleus CI24M Implant to Record the Electrically Evoked Compound Action Potential. **Ear And Hearing**, [S.L.], v. 20, n. 1, p. 45-59, fev. 1999. Ovid Technologies (Wolters Kluwer Health). <http://dx.doi.org/10.1097/00003446-199902000-00005>.
- BEVIS, Nicholas *et al.* Evaluation of artifacts of cochlear implant electrodes in cone beam computed tomography. **European Archives Of Oto-Rhino-Laryngology**, [S.L.], v. 278, n. 5, p. 1381-1386, 15 jul. 2020. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s00405-020-06198-y>.
- BOYER, Eric *et al.* Scalar Localization by Cone-Beam Computed Tomography of Cochlear Implant Carriers. **Otology & Neurotology, Inc**, [s. l.], v. 36, n. 3, p. 422-429, jul. 2015.
- BRIGGS, Robert J. *et al.* Slim, Modiolar Cochlear Implant Electrode: Melbourne Experience and Comparison With the Contour Perimodiolar Electrode. **Otology & Neurotology, Inc.**, Melbourne, v. 41, n. 1, p. 639-643, maio 2020.
- BRILL, Stefan *et al.* Site of cochlear stimulation and its effect on electrically evoked compound action potentials using the MED-EL standard electrode array. **Biomedical Engineering Online**, [S.L.], v. 8, n. 1, p. 1-10, dez. 2009. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1186/1475-925x-8-40>.
- BURCK, Iris *et al.* Radiohistologic Comparison Study of Temporal Bone Specimens After Cochlear Implant Electrode Array Insertion: is cone-beam ct superior to mdct?. **American Journal Of Roentgenology**, [S.L.], v. 216, n. 3, p. 752-758, mar. 2021. American Roentgen Ray Society. <http://dx.doi.org/10.2214/ajr.20.23157>.
- CARLSON, Matthew L. Cochlear Implantation in Adults. **The New England Journal Of Medicine**, Massachusetts, v. 382, n. 16, p. 1531-1542, 16 abr. 2020.
- CHEN, Fei *et al.* Cochlear Implantation and Rehabilitation. **Hearing Loss: Mechanisms, Prevention and Cure**, [S.L.], p. 129-144, 2019. Springer Singapore. http://dx.doi.org/10.1007/978-981-13-6123-4_8.
- COHEN, Lawrence T *et al.* Spatial spread of neural excitation in cochlear implant recipients: comparison of improved ecap method and psychophysical forward masking. **Hearing Research**, [S.L.], v. 179, n. 1-2, p. 72-87, maio 2003. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/s0378-5955\(03\)00096-0](http://dx.doi.org/10.1016/s0378-5955(03)00096-0).
- COHEN, N. Cochlear implant soft surgery: fact or fantasy?. **Otolaryngology - Head And Neck Surgery**, [S.L.], v. 117, n. 3, p. 214-216, set. 1997. SAGE Publications. [http://dx.doi.org/10.1016/s0194-5998\(97\)70176-1](http://dx.doi.org/10.1016/s0194-5998(97)70176-1).

CRUZ, Melville J. da *et al.* Assessing Cochlear Length Using Cone Beam Computed Tomography in Adults With Cochlear Implants. **Otology & Neurotology**, [S.l.], v. 39, n. 9, p. 757-764, set. 2018.

DANIELI, Fabiana *et al.* Auditory performance of post-lingually deafened adult cochlear implant recipients using electrode deactivation based on postoperative cone beam CT images. **European Archives Of Oto-Rhino-Laryngology**, [S.L.], p. 12-25, 25 jun. 2020. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s00405-020-06156-8>.

DIMAK, Balazs *et al.* Review of Electrode Placement with the Slim Modiolar Electrode: identification and management. **Ideggyógyászati Szemle**, [S.L.], v. 73, n. 1-2, p. 53-59, 2020. Ideggyogyaszati Szemle Journal. <http://dx.doi.org/10.18071/isz.73.0053>.

DHANASINGH, Anandhan; JOLLY, Claude. An overview of cochlear implant electrode array designs. **Hearing Research**, [s. l.], v. 40, n. 1, p. 1-35, 14 out. 2017.

DZIEMBA, Oliver *et al.* References for electrophysiological measurements for intraoperative verification of placement for several types of CI electrodes. **Zeitschrift Für Audiologie (Audiological Acoustics)**, [S.l.], v. 55, p. 50-56, maio 2016.

GARIB, Daniela Gamba *et al.* Tomografia computadorizada de feixe cônico (Cone beam): entendendo este novo método de diagnóstico por imagem com promissora aplicabilidade na ortodontia. **Revista Dental Press de Ortodontia e Ortopedia Facial**, [S.L.], v. 12, n. 2, p. 139-156, abr. 2007. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1415-54192007000200018>.

GOFFI-GOMEZ, Maria Valéria Schmidt. **Função de dispersão de excitabilidade e tempo de recuperação do nervo auditivo nos implantes cocleares em relação à etiologia da perda auditiva**, 2014, Tese Pós-doutorado (Departamento de Oftalmologia e Otorrinolaringologia) - Faculdade de Medicina da USP, São Paulo, 2014.

GROLMAN, Wilko *et al.* Spread of Excitation Measurements for the Detection of Electrode Array Foldovers: A Prospective Study Comparing 3-Dimensional Rotational X-ray and Intraoperative Spread of Excitation Measurements. **Otology & Neurotology, Inc.**, Amsterdam, v. 30, n. 2, p. 27-33, jan. 2009.

GUEDES, Mariana Cardoso *et al.* Telemetria de resposta neural intra-operatória em usuários de implante coclear. **Revista Brasileira de Otorrinolaringologia**, [S.L.], v. 71, n. 5, p. 660-667, out. 2005. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0034-72992005000500018>.

HANSEN, Marlan R.; ROCHE, Joseph P.. On the Horizon: Cochlear implant technology. **Otolaryngol Clin North Am**, Iowa, v. 48, n. 6, p. 1097-1116, dez. 2015.

HELAL, R.A. *et al.* Cone-beam CT versus Multidetector CT in Postoperative Cochlear Implant Imaging: Evaluation of Image Quality and Radiation Dose. **Ajnr Am J Neuroradiol.**, [s. l], v. 42, n. 1, p. 362-367, jan. 2021.

HOTH, Sebastian; DZIEMBA, Oliver Christian. The Role of Auditory Evoked Potentials in the Context of Cochlear Implant Provision. **Otology & Neurotology, Inc.**, Greifswald, v. 38, n. 2, p. 522-530, dez. 2017.

HUGHES, Michelle L *et al.* ECAP spread of excitation with virtual channels and physical electrodes. **Hearing Research**, Omaha, v. 306, n. 1, p. 93-103, dez. 2013.

LABADIE, Robert F. *et al.* Tip fold-over in cochlear implantation: case series. **Otol Neurotol**, Nashville, v. 38, n. 2, p. 199-206, fev. 2017.

LATHUILLIÈRE, Marine *et al.* Cone-beam computed tomography in children with cochlear implants: the effect of electrode array position on ecap. **International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology**, [S.L.], v. 92, p. 27-31, jan. 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijporl.2016.10.033>.

MANRIQUE, Manuel *et al.* Guía clínica sobre implantes cocleares. **Acta Otorrinolaringológica Española**, [S.L.], v. 70, n. 1, p. 47-54, jan. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.otorri.2017.10.007>

MARX, Mathieu *et al.* Reliability of cone beam computed tomography in scalar localization of the electrode array: a radio histological study. **Eur Arch Otorhinolaryngol**, Berlin, v. 20, n. 1, p. 12-18, nov. 2012.

MCCLLENAGHAN, Fiona; NASH, Robert. The Modified Stenver's View for Cochlear Implants – What do the Surgeons Want to Know? **Journal Of The Belgian Society Of Radiology**, Lonfres, v. 37, n. 104, p. 1-7, maio 2020.

MED.EL. 5412: **ART-Guide implante cochlear**. 3 ed. Innsbruck: Med.El, 2020. 60 p. Disponível em: www.medel.com. Acesso em: 24 out. 2022.

MOWRY, Sarah e; WOODSON, Erika. Cochlear Implant Surgery. **Jama Otolaryngology–Head & Neck Surgery**, [s. l], v. 92, n. 146, p. 56-56, jan. 2020.

NATEGHIFARD, Kayvan *et al.* Cone beam CT for perioperative imaging in hearing preservation Cochlear implantation – a human cadaveric study. **Journal Of Otolaryngology - Head & Neck Surgery**, [S.L.], v. 48, n. 1, p. 10-15, 21 nov. 2019. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1186/s40463-019-0388-x>.

O'CONNELL, Brendan P. *et al.* Electrode Location and Angular Insertion Depth Are Predictors of Audiologic Outcomes in Cochlear Implantation. **Otology & Neurotology**, [S.L.], v. 37, n. 8, p. 1016-1023, set. 2016. Ovid Technologies (Wolters Kluwer Health). <http://dx.doi.org/10.1097/mao.0000000000001125>.

SAEED, Shakeel R. *et al.* The Use of Cone-Beam Computed Tomography to Determine Cochlear Implant Electrode Position in Human Temporal Bones. **Otology & Neurotology**, [s. l.], v. 35, n. 8, p. 1338-1344, jun. 2014.

SCARFE, William C. *et al.* What is Cone-Beam CT and How Does it Work? **Dental Clinics Of North America**, [S.L.], v. 52, n. 4, p. 707-730, out. 2008. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cden.2008.05.005>.

SIPARI, Sini *et al.* The Image Fusion Technique for Cochlear Implant Imaging: A Study of its Application for Different Electrode Arrays. **Otology & Neurotology, Inc.**, Kuopio, v. 40, n. 2, p. 1-7, dez. 2019.

SISMONO, Fergio *et al.* 3D-localisation of cochlear implant electrode contacts in relation to anatomical structures from in vivo cone-beam computed tomography. **Hearing Research**, [S.L.], v. 426, p. 108537, dez. 2022. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.heares.2022.108537>.

WALKOWIAK, Adam *et al.* Spread of Excitation (SoE) — A Non-Invasive Assessment of Cochlear Implant Electrode Placement. **Cochlear Implants International**, [S.L.], v. 11, n. 1, p. 479-481, jun. 2010. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1179/146701010x12671177204787>.

WIDMANN, Gerlig *et al.* Pre and post-operative imaging of cochlear implants: a pictorial review. **Insights Into Imaging**, [S.L.], v. 11, n. 1, p. 1-20, 15 ago. 2020. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1186/s13244-020-00902-6>.

UZANNE, O. **The end of books**. Adelaide: University of Adelaide, 2014. Disponível em: <https://ebooks.adelaide.edu.au/u/uzanne/octave/end/>. Acesso em: 20 abr. 2019.

**APÊNDICE A – FICHA ESTRUTURADA DE AVALIAÇÃO DO PACIENTE
IMPLANTADO**

(Número 45706721.4.0000.5197 pela resolução CNS 466/12)

Nome completo:

Idade em anos:

Sexo:

Orelha: () direita () esquerda

Data de implantação:

Tempo de privação auditiva:

Etiologia da perda auditiva:

Marca do IC:

Modelo da unidade interna do IC:

Dados da TCFC:

Rampa alocada: () timpânica () vestibular

Presença de translocação: () sim () não

Torção ou dobra da ponta: () sim () não se sim, localização:

Eletrodos extracocleares: () sim () não se sim, quantos:

Medidas do SOE:

Eletrodos avaliados:

Localização dos eletrodos com dispersão irregular de corrente:

Número de eletrodos com dispersão irregular:

ANEXO A – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

(Elaborado de acordo com a Resolução 466/1012-CNS/CONEP)

Solicitamos sua autorização para documentação do seu caso com a pesquisa: Relação da dispersão de excitabilidade e o posicionamento do eletrodo em pacientes submetidos a implante coclear

Sob a responsabilidade do pesquisador: Kiara Kalline Rodrigues Virgulino de Medeiros, orientado pelo professor: Mariana de Carvalho Leal Gouveia.

Tendo por objetivo: Analisar a relação entre a medida da dispersão de excitação e o posicionamento do feixe de eletrodos identificada por imagem em pacientes submetidos ao implante coclear.

Para realização deste trabalho usaremos o(s) seguinte(s) método(s): coleta de dados do prontuário hospitalar e coleta em campo.

Esclarecemos que manteremos em anonimato, sob sigilo absoluto, durante e após o término do estudo, todos os dados que identifiquem o participante usando apenas, para divulgação, os dados inerentes ao desenvolvimento do estudo. Informamos também que após o término da pesquisa, serão destruídos todos os questionários e qualquer tipo de mídia que possa vir identificá-lo, não restando nada que venha a comprometer o anonimato de sua participação agora ou futuramente.

Os riscos de vazamento dos dados do prontuário eletrônico, serão atenuados pela manipulação única e exclusiva das informações referentes ao trabalho e posterior arquivamento do prontuário. Não serão publicadas quaisquer informações pessoais sobre os participantes.

Os benefícios esperados com o resultado desta pesquisa: os pacientes que tiverem alguma perda auditiva diagnosticada serão imediatamente encaminhados para tratamento específico e quando necessário para reabilitação auditiva.

Você terá os seguintes direitos: a garantia de esclarecimento e resposta a qualquer pergunta; a liberdade de abandonar a pesquisa a qualquer momento sem prejuízo para si, a garantia de em caso haja algum dano a sua pessoa os prejuízos serão assumidos pelos pesquisadores ou pela instituição responsável.

Nos casos de dúvidas e esclarecimentos você deve procurar os pesquisadores:

Kiara Kalline Rodrigues Virgulino de Medeiros, (83) 999024466, kallinermedeiros@gmail.com ou caso suas dúvidas não sejam resolvidas pelos pesquisadores ou seus direitos sejam negados, favor recorrer ao Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos (CAAE 20635919.8.0000.5197)

Eu (_____)

após ter recebido todos os esclarecimentos e ciente dos meus direitos, concordo em participar desta pesquisa, bem como autorizo a divulgação e a publicação de toda informação por mim transmitida, respeitando o sigilo e o anonimato, (dados pessoais) em publicações e eventos de caráter científico.

Desta forma, assino este termo, combinado ao pesquisador, em duas vias, com igual teor, rubricadas em todas as suas páginas e assinadas, ao seu término, pelo convidado a participar da pesquisa, ou por seu representante legal, assim como pelo pesquisador responsável, ou pela (s) pessoa (s) por ele delegada (s), devendo as páginas com as assinaturas estar na mesma folha, ficando uma via sob meu poder e outra em poder do(s) pesquisador (es).

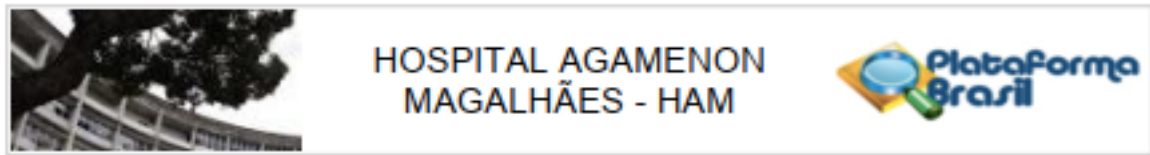
Local: _____ Data: _____

Assinatura do participante

Assinatura Testemunha

Assinatura do pesquisador

ANEXO B – PARECER DE APROVAÇÃO DO COMITÊ DE ÉTICA



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: RELAÇÃO DAS MEDIDAS OBJETIVAS E A POSIÇÃO DO ELETRODO INTRACOCLEAR COM O RESULTADO AUDIOLÓGICO DE PACIENTES SUBMETIDOS A IMPLANTE COCLEAR

Pesquisador: KIARA KALLINE RODRIGUES VIRGULINO DE MEDEIROS

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 45706721.4.0000.5197

Instituição Proponente: Universidade Federal de Pernambuco - UFPE

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 4.677.921

Apresentação do Projeto:

O implante coclear (IC) é considerado tratamento de revolucionário para os pacientes com perda auditiva sensorioneural severa a profunda bilateral, seus resultados dependem de vários fatores relacionados a perda auditiva como etiologia, tempo de privação, fatores relacionados ao implante como posição do eletrodo, número de eletrodos ativos, programação entre outros. Durante a cirurgia podem ser realizadas medidas objetivas como impedância, potenciais de ação compostos eletricamente evocados (ePAC), telemetria de resposta neural (TRN), programação de excitação (SOE -spread of excitation), no software que permitir seu uso, com a finalidade de avaliação da viabilidade de funcionamento do nervo e posicionamento dos eletrodos implantados na rampa timpânica da cóclea. Mesmo com essas medidas, a posição real dos eletrodos só pode ser melhor avaliada através de exame de imagem como a radiografia, que algumas vezes é utilizada no intraoperatório mas não permite uma imagem mais detalhada do número de eletrodos inseridos e sua posição dentro da cóclea. A tomografia computadorizada de feixe cônico tem sido recentemente uma exame de escolha para avaliação da posição do feixe de eletrodos no pós operatório, pois além de ser um exame com menor carga de radiação comparado a tomografia convencional, permite avaliar com mais precisão identificando com muito mais precisão a posição do mesmo em relação a rampa inserida, a distancia para o modíolo, a profundidade de inserção além de alterações que podem ocorrer durante a inserção como a dobra na ponta do eletrodo.

Endereço: Estrada do Arraial, 2723
Bairro: Prédio Anexo a Emergência Geral
UF: PE **Município:** RECIFE
Telefone: (81)3184-1769

CEP: 52.051-380

E-mail: cepham@hotmail.com



HOSPITAL AGAMENON
MAGALHÃES - HAM



Continuação do Parecer: 4.677.921

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1710134.pdf	09/04/2021 15:18:01		Aceito
Folha de Rosto	FolhaDeRostoMestradoFinal.pdf	09/04/2021 15:15:41	KIARA KALLINE RODRIGUES VIRGULINO DE MEDEIROS	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	ProjetoMestrado.pdf	09/04/2021 09:55:42	KIARA KALLINE RODRIGUES VIRGULINO DE MEDEIROS	Aceito
Declaração de concordância	TermoDeAutorizacaoMestrado.pdf	06/03/2021 17:29:12	KIARA KALLINE RODRIGUES VIRGULINO DE MEDEIROS	Aceito
Declaração de Pesquisadores	TermoDeConfidencialidadeMestrado.pdf	06/03/2021 17:27:29	KIARA KALLINE RODRIGUES VIRGULINO DE MEDEIROS	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	CartaDeAnuenciaMestrado.pdf	28/02/2021 14:30:18	KIARA KALLINE RODRIGUES VIRGULINO DE MEDEIROS	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLEMESTRADO.pdf	28/02/2021 14:20:43	KIARA KALLINE RODRIGUES VIRGULINO DE MEDEIROS	Aceito
Orçamento	ORCAMENTO.pdf	28/02/2021 14:18:31	KIARA KALLINE RODRIGUES VIRGULINO DE MEDEIROS	Aceito
Cronograma	CRONOGRAMA.pdf	28/02/2021 14:17:30	KIARA KALLINE RODRIGUES VIRGULINO DE MEDEIROS	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

Endereço: Estrada do Arraial, 2723

Bairro: Prédio Anexo à Emergência Geral

CEP: 52.051-380

UF: PE Município: RECIFE

Telefone: (81)3184-1769

E-mail: cepham@hotmail.com