

GABRIELA PEREIRA BOM BRAGA

Avaliação do recesso do nervo facial e cóclea no osso temporal de cadáveres de recém nascidos natimortos com vistas ao implante coclear percutâneo.

Tese apresentada à Faculdade de  
Medicina da Universidade de São  
Paulo para obtenção do título de  
Doutor em Ciências

Programa de Otorrinolaringologia

Orientador: Prof Dr Ricardo  
Ferreira Bento

SÃO PAULO  
2016  
VERSÃO CORRIGIDA

“Nada na vida deve ser temido, somente compreendido.  
Agora é hora de compreender mais para temer menos.”

Marie Curie

Dedico...

Ao meu pai Dr. Walmi Bom Braga, que sempre me ensinou a acreditar e a perseguir meus sonhos. Aquele que me inspirou a estudar mais e sempre, a ser o melhor que eu poderia ser. “Vá como se já tivesse vencido”, assim meu avô nos ensinou a lidar com cada obstáculo e você, pai, repete até hoje essa lição que um dia ensinarei aos meus filhos. Obrigada por me ajudar a tornar esse sonho possível, minha força vem de você.

À minha mãe Heloisa Helena Pereira Braga, que sempre nos colocou como prioridade, meu exemplo de que nenhum obstáculo é grande demais quando existe vontade de aprender. Obrigada por toda sua dedicação, amor e carinho, seria impossível sem você.

Ao Professor Michael E. Glascock III por acreditar em mim e ser o grande responsável pela minha escolha no estudo e prática da otologia.

## AGRADECIMENTOS

À Deus, por me dar forças para enfrentar seus desígnios e ajudar a cumprir minha missão.

Ao **Prof. Dr. Ricardo Ferreira Bento**, por ter me dado a chance realizar esse trabalho, por todo conhecimento compartilhado e auxílio na minha vida profissional. O senhor é um grande exemplo a ser seguido.

À **Universidade Potiguar** pela doação das peças anatômicas utilizadas nesse estudo.

Ao **Prof. Dr. Robert F. Labadie**, pela confiança depositada em mim, por despertar mais ainda meu interesse na ciência, pelas lições, palavras incentivadoras e, principalmente, pelas oportunidades que me dá.

À **Prof. Ramya Balachandran** pelo auxílio em todo o processo de realização desse estudo.

A **Jack H. Noble**, por toda paciência, essencial ajuda e dedicação me auxiliando nesse projeto.

À **Prof. Dra Eloisa Maria Mello Santiago Gebrim**, pela essencial ajuda em todas as etapas desse estudo e por dividir seu vasto conhecimento.

Ao **Prof. Dr. Rubens Vuono de Brito Neto, Dr Robinson Koji Tsuji e Dra Renata Di Francesco** pelos ensinamentos e conselhos que recebi.

À **Adriana Raquel**, pela gentileza e ajuda na realização desse estudo.

À **Maria Márcia Alves, Maria Marileide Alves e Lucivania Lima da Silva** pela paciência, carinho, além de todo apoio e auxílio que me deram em todo o percurso do projeto.

Aos meus irmãos **Dr. Frederico Pereira Bom Braga e Dr Mateus Pereira Bom Braga**, às minhas cunhadas **Flavia Carolina Borges e Juliana Dias Bom Braga**, meus amados sobrinhos **Eduardo, Gustavo, Manu e Bebelá**, minha afilhada **Vitória Ávila** e meus primos **Gustavo Figueiredo Gomes e Paula Gomes**, por estarem ao meu lado sempre, vocês são minha vida.

Às “amigas irmãs” **Michele de Araújo Teixeira Bertholdo, Awdrey Kelly Vicente, Debora Ingram, Daisy Monteiro Crawley e Karina Castagini de Souza** pelo suporte incondicional, pela amizade sincera, pelos risos e lágrimas, pelos ombros, ouvidos, casas e tiros. Por manterem minha sanidade nesse período insano.

Aos meus queridos afilhados e amigos indescritíveis, **Maria Paula Muniz Tinoco e Bruno Scarpellini**, jamais poderei expressar o quanto vocês são importantes na minha vida.

Título: Avaliação do recesso do nervo facial e cóclea no osso temporal de recém nascidos natimortos com vistas ao implante coclear percutâneo.

Dissertação apresentada à Faculdade de Medicina da  
Universidade de São Paulo para obtenção de título de Doutor em Ciências.

## SUMÁRIO

Listas de Figuras	
Listas de Abreviaturas	
Resumo	
Abstract	

<b>1 INTRODUÇÃO</b>	<b>2</b>
<b>1.1 Embriologia e anatomia do osso temporal e de suas estruturas de acordo com a idade</b>	<b>5</b>
<b>1.1 Anatomia tomográfica do nervo facial e estruturas da mastóide</b>	<b>9</b>
1.2.1 Plano Axial	9
1.2.2 Plano Coronal	14
<b>2 OBJETIVOS</b>	<b>18</b>
<b>3 REVISÃO DA LITERATURA</b>	<b>19</b>
<b>3.1 Implante coclear percutâneo</b>	<b>19</b>
<b>3.2 Implante dos marcadores Fiduciais</b>	<b>20</b>
<b>3.3 Desenho e Fabricação do Quadro Microestereotático Customizado</b>	<b>22</b>
<b>3.4 Acoplado o Quadro e a Broca</b>	<b>23</b>
<b>4 MATERIAIS E MÉTODOS</b>	<b>27</b>
<b>4.1 Desenho do Estudo</b>	<b>27</b>
<b>4.2 Materiais</b>	<b>27</b>
4.2.1 Característica da População	27
4.2.2 Seleção da amostra	28
<b>4.3 Metodologia</b>	<b>28</b>
4.3.1 Estudo tomográfico	28
4.3.2 Segmentação das imagens e medidas das distâncias	29
<b>4.4 Estatística</b>	<b>38</b>
<b>5 RESULTADOS</b>	<b>40</b>
<b>6 DISCUSSÃO</b>	<b>43</b>
<b>7 CONCLUSÕES</b>	<b>47</b>
<b>8 REFERÊNCIAS</b>	<b>48</b>

## LISTAS DE FIGURAS

<b>FIGURA 1-</b>	Esquema da cóclea.....	3
<b>FIGURA 2-</b>	Corte axial da mastóide.....	10
<b>FIGURA 3-</b>	Corte axial da mastóide.....	11
<b>FIGURA 4-</b>	Corte axial da mastóide.....	12
<b>FIGURA 5-</b>	Corte axial da mastóide.....	13
<b>FIGURA 6-</b>	Corte axial da mastóide.....	14
<b>FIGURA 7-</b>	Corte coronal da mastóide.....	15
<b>FIGURA 8-</b>	Corte coronal da mastóide.....	16
<b>FIGURA 9-</b>	Mastóide com marcadores fiduciais.....	21
<b>FIGURA 10-</b>	Reconstrução tomográfica da mastóide com marcadores fiduciais.....	22
<b>FIGURA 11-</b>	Micromesa.....	23
<b>FIGURA 12-</b>	Sistema da broca acoplado à micromesa.....	24
<b>FIGURA 13-</b>	Trajeto da broca.....	25
<b>FIGURA 14-</b>	Trajeto da broca à cóclea.....	26
<b>FIGURA 15-</b>	Hiperextensão do pescoço.....	29
<b>FIGURA 16-</b>	Corte axial demonstrando segmentação das estruturas.....	30
<b>FIGURA 17-</b>	Programa Improvise fornecendo quatro planos para reconstrução da anatomia.....	31
<b>FIGURA 18-</b>	Trajetória no plano axial.....	32
<b>FIGURA 19-</b>	Corte axial mostrando a trajetória avançando em direção à cóclea.....	32
<b>FIGURA 20-</b>	Corte axial.....	33
<b>FIGURA 21-</b>	Trajetória em amarelo.....	33
<b>FIGURA 22-</b>	Trajetória.....	34
<b>FIGURA 23-</b>	Trajetória.....	34
<b>FIGURA 24-</b>	Imagem segmentada e reconstruída em 3D.....	35
<b>FIGURA 25-</b>	Executando as medidas das distâncias das estruturas à trajetória.....	36
<b>FIGURA 26-</b>	Menor distância entre a trajetória e o nervo facial.....	36
<b>FIGURA 27-</b>	Menor distância da trajetória à cadeia ossicular.....	37
<b>FIGURA 28-</b>	Menor distância entre a trajetória e a membrana timpânica.....	37
<b>FIGURA 29-</b>	Distância entre a cortical do osso temporal e a escala timpânica.....	38

## **LISTAS DE ABREVIATURAS**

CAOS Computed Assisted Otologyc Surgery

MAI Meato Acústico Interno

MAE Meato Acústico Externo

CNC Computed Numeric Control

Fig Figura

et al. e outros

## RESUMO

Braga GPB. Avaliação do recesso do nervo facial e cóclea no osso temporal de recém nascidos natimortos com vistas ao do implante coclear percutâneo (Tese). São Paulo: Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo; 2016.

**INTRODUÇÃO:** A literatura evidencia as diferenças anatômicas do osso temporal em crianças quando comparadas à adultos. Mais e mais a literatura enfatiza a importância de que as crianças com surdez congênita devem ser implantadas cada vez mais precocemente. Estudos anátomo-radiológicos são importantes para o desenvolvimento de técnicas cirúrgicas que possibilitem implantar crianças recém natas. Técnicas de implante coclear percutâneo (através de robótica) tem sido desenvolvidas na Universidade de Vanderbilt. Criamos então nossa principal pergunta “Seria possível implantar crianças recém natas através de implante percutâneo?” e procuraremos respondê-la no curso desse trabalho.

**OBJETIVO:** Aferir as medidas do recesso do nervo facial e sua relação com a cóclea visando simular o trajeto da broca através desse recesso, para realização da cocleostomia, objetivando o implante coclear percutâneo. **CASUÍSTICA E METODOLOGIA:** Estudo experimental realizado com 9 espécimes de natimortos com idade gestacional entre 32 e 40 semanas, submetidos à tomografia computadorizada com individualização e reconstrução do nervo facial, cadeia ossicular, membrana timpânica, cóclea e labirinto, seguido da definição da trajetória da broca até a escala timpânica, utilizando o software Impropose. **RESULTADOS:** As medidas da trajetória da broca até o nervo facial, variaram de 0.58 a mais próxima e, 1.71 a mais distante; quando analisamos os resultados obtidos para cadeia ossicular, temos uma variação que vai de 0.38 até 1.49. A membrana timpânica se encontra entre 0.85 e 1.96 de distância da trajetória simulada da broca. A trajetória da cortical do osso temporal até a escala timpânica, variou de 5.92 a 12.65. **CONCLUSÃO:** As medidas da relação, entre a broca e as estruturas anatômicas da orelha média e, a simulação da trajetória, mostraram que é possível executar com segurança a técnica de implante coclear percutâneo em crianças a partir de 32 semanas de gestação.

**Descritores:** Implante coclear; ouvido médio; perda auditiva neurosensorial; osso temporal/anatomia; cóclea; estudos experimentais.

## ABSTRACT

Braga GPB. Evaluation of the facial nerve recess and cochlea on the temporal bones of cadaveric newborns and its applicability in the percutaneous cochlear implant technique (Thesis). São Paulo: Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo; 2016.

**INTRODUCTION:** Literature shows changes in the temporal bone anatomy in children when compared with adults. More and more literature emphasizes the importance of children with congenital deafness should be implanted increasingly early. Anatomical radiologic studies are important for the development of surgical techniques that allow implanting new born. Percutaneous cochlear implant technique (through robotics) was developed in Vanderbilt University. So we created our main question " Is it possible to implant new born children using the percutaneous technique? " and we'll try to answer it in the course of this work.

**PATIENTS AND METHODS:** Experimental study done in 9 stillbirth specimens with 32 and 40 weeks of age, submitted to CT study followed by reconstruction of the facial nerve, ossicular chain, tympanic membrane, labyrinth and cochlea. The CT evaluation and reconstruction was done with Impropose software, also used for measurements of the distances and in the simulation of the drill's trajectory (mm).

**RESULTS:** The drill trajectory measurements to the facial nerve, ranged from 0.58 the nearest and the farthest 1.71, when we analyzed the results for ossicular chain, we have a range that goes from 0.38 to 1.49. The tympanic membrane is between 0.85 and 1.96 away from the simulated drill path. Cortical trajectory of the temporal bone to the scala tympani, ranged from 5.92 to 12.65.

**CONCLUSION:** The measures of the relationship between the drill and the anatomical structures of the middle ear and the simulated trajectory, showed that it is possible to use safely the percutaneous cochlear implant technique in children of 32 weeks/old.

**Descriptors:** cochlear implantation; ear, middle; hearing loss, sensorineural; temporal bone/anatomy; cochlea; experimental studies.

# 1 INTRODUÇÃO

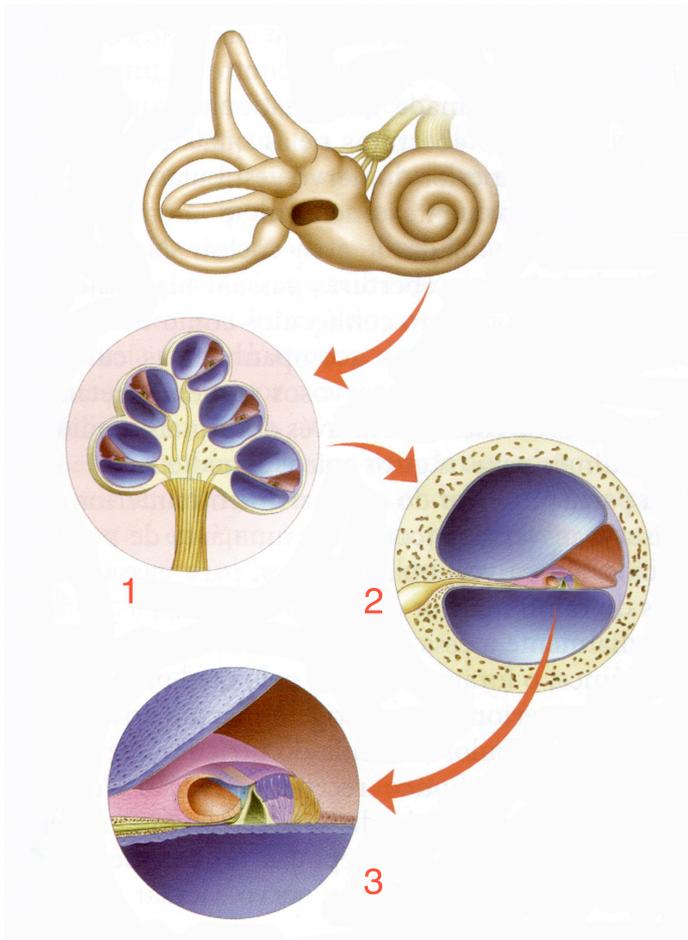
## 1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, avanços tecnológicos, como os implantes cocleares, permitiram o acesso aos sons em pacientes com deficiência auditiva. Segundo recentes dados estatísticos, 14,5% da população brasileira apresentam algum tipo de deficiência, sendo que desse número, 5,2% declaram incapacidade de ouvir, sendo em 3,9% a perda classificada como moderada, 0,9% como severa e 0,4% como profunda (Baraky, 2011). Estima-se que 350 mil pessoas sofram de surdez profunda e possam ser beneficiadas com o implante coclear.

A cóclea é uma estrutura em formato de caracol que contém o órgão sensorial da audição. Juntamente com o vestíbulo, fica totalmente protegido pelo osso temporal, um dos mais densos do corpo humano (Brackmann, 2010). O acesso à orelha interna, especificamente à cóclea, é necessário para cirurgia do implante coclear (IC), onde um eletrodo é usado para estimular o nervo auditivo e permitir que pessoas com deficiência auditiva severa ou profunda, ouçam (Achiqes et al., 2010).

A cóclea é o órgão sensorial da audição, se localiza dentro do osso temporal e é composta por 3 canais: a escala vestibular, a escala timpânica e a escala média (Figura 1). A escala média se localiza no centro da cóclea e é separada da escala vestibular pela membrana de Reissner e da escala timpânica pela membrana basilar (Aage, 2006, Bento et al, 2013). É inervada por fibras aferentes, eferentes e autonômicas e, sua vascularização é feita pela artéria labiríntica. A escala média estreita-se em direção ao ápice da cóclea, findando na terminação apical do labirinto ósseo, chamada helicotrema. Esta, é responsável pela comunicação entre as escalas vestibular e timpânica. A membrana basilar separa os sons de acordo com sua frequência e, o órgão de Corti, localizado ao longo da membrana basilar, contém as células sensoriais que são

responsáveis por transformar a vibração da membrana em código neural (Aage, 2006, Bento et al, 2013).



FONTE: Imagens cedidas pelo Prof Dr Ricardo F. Bento

Figura 1: Esquema da cóclea. 1- Corte sagital; 2- Escala timpânica, vestibular e média.; 3- Órgão de Corti.

O órgão de Corti contém diversos tipos celulares, sendo os principais as células ciliadas externas e as células ciliadas internas. A membrana basilar é constituída de tecido conectivo e forma o assoalho da escala média. Devido a sua gradual mudança de rigidez, o som atinge a orelha e cria uma onda na membrana basilar, que viaja da base em direção ao ápice da cóclea (Aage, 2006). Essa onda é a base para a separação de frequências que a membrana basilar

promove antes que o som ative as células sensoriais localizadas ao longo de sua base.

As células sensoriais transformam o som em impulsos nervosos no nervo auditivo e enviam as informações ao cérebro. A cóclea também comprime a amplitude das ondas sonoras e, por isso, torna possível a acomodação de um grande espectro de sons. A perda auditiva coclear envolve lesão das estruturas do interior da cóclea. Quando tanto as estruturas da cóclea quanto as neurais estão lesadas, utiliza-se o termo perda auditiva sensorineural, ainda assim, a região mais acometida é a cóclea (Moore, 2007).

No que diz respeito a anatomia relevante ao implante coclear, a espessura do recesso do nervo facial não apresenta diferença significativa entre adultos e crianças (comparação entre grupos de crianças menores de um ano e grupo com idades entre dois e três anos- Bielamowicz, 1988). No entanto, existem evidências de que a curva basal da cóclea pode ter sua orientação modificada com relação ao recesso do nervo facial de acordo com o crescimento do indivíduo (Lloyd et al., 2010).

Na cirurgia do implante coclear, o segmento mastoideo do nervo facial, o segundo joelho, o nervo corda do tímpano e o anel timpânico estão em maior risco de lesão pois são limites anatômicos para a realização da timpanotomia posterior (Cohen, 1997). Habitualmente, o trajeto do nervo facial é constante, porém, alterações anatômicas, podem aumentar as chances de lesão do mesmo durante a cirurgia de implante coclear (Cohen, 1997; Fayad et al., 2003). O curso do nervo facial do tronco cerebral até a musculatura facial pode ser dividida em 3 segmentos: intracraniano, intratemporal e extratemporal ou periférico (Wei et al., 2007).

A porção intracraniana do nervo facial se estende do tronco encefálico até o meato auditivo interno (MAI). A porção intratemporal começa no poro acústico na porção medial do MAI, atravessa por um curso tortuoso o osso temporal e sai na altura do forâmen estilomastoideo. Esse segmento é então subdividido em meatal, translabiríntico, timpânico e segmento mastoideo. A porção meatal se localiza entre o poro acústico e o fundo e, o segmento translabiríntico vai do fundo até o gânglio geniculado antes do nervo virar em um ângulo agudo e formar o segmento timpânico na orelha média. Ele então forma o segundo joelho e se transforma no segmento mastoideo indo em direção ao forâmen estilomastoideo (Bento et al. 2013; Lorch, 2010; Litton et al., 1969).

Para realização da timpanotomia posterior, o recesso do nervo facial é acessado. O recesso é uma extensão da orelha média, pósterio- superior e medial ao anel timpânico e lateralmente ao canal de falópio. Quando aberto pela cavidade mastoidea o recesso do facial é visto através de uma abertura que tem como limite pósterio-medial o nervo facial, ântero- lateral o nervo corda do tímpano, e superiormente uma trave óssea que serve de suporte para a bigorna. Através da timpanotomia posterior expomos o estribo, articulação incudo-estapediana, tendão do estapédio, porção timpânica do facial, processo cocleariforme, janela redonda e tuba auditiva.

### **1.1 Embriologia e anatomia do osso temporal e de suas estruturas de acordo com a idade**

A maioria dos elementos da orelha são derivados do sistema branquial, que nas criaturas aquáticas e anfíbias servem para função respiratória. No processo de conversão para o novo

uso filogênico, as três camadas germinativas (ecto, meso e endoderma) contribuem para formação da orelha embriogênica. A orelha é derivada do ectoderma da parte cefálica do embrião, se originando de uma vesícula redonda. A cavidade do otocisto contém a endolinfa e o órgão de Corti. O labirinto membranoso atinge sua maturidade diferencial e permanece com as dimensões adquiridas no quinto mês de vida intra-uterina. A cápsula ótica (revestimento ósseo do bloco labiríntico), mantém a dimensão fetal de sua estrutura trilaminar e de seu revestimento histológico por toda a vida do indivíduo. A orelha externa, a média e a cadeia ossicular são derivados do aparato braquial. O ectoderma, que recobre o primeiro sulco branquial (entre o arco mandibular e o hioideo), contribui para o revestimento cutâneo do labirinto. A cápsula ótica cartilaginosa formará o labirinto. Na vigésima terceira semana, o meato acústico externo. Os dois arcos limitam o sulco e dão origem ao pavilhão auricular (Bento et al., 2013). No fundo do sulco o ectoderma contribui para a camada epitelial da membrana timpânica. O endoderma da faringe primitiva forma uma bolsa pressionando lateralmente o ectoderma no fundo do sulco. Essa bolsa originará a cavidade timpânica, e suas extensões celulares da mastoide alongam-se formando em sua parte mais medial a tuba auditiva. Do mesoderma, se originam a cartilagem, os músculos da orelha externa, os ossículos, músculos e ligamentos da cavidade timpânica.

A orelha interna aparece na nona semana como um sistema ductal endolinfático, incluindo tecido mesenquimal, dentro do qual uma vacuolização precoce formará o sistema perilinfático. Na vigésima quinta semana, a cóclea atinge sua dimensão total e os espaços perióticos estão bem formados. O perióstio interno do osso envolve o labirinto e a ossificação é retardada na divisão canalicular da cápsula ótica, onde a cartilagem se torna espongiótica devido à atividade de invaginação de brotos de tecido vascular.

Esses brotos entram através da fossa subarcuata, o que torna possível a expansão dos arcos dos canais semicirculares. Ao mesmo tempo os ossículos estão iniciando sua ossificação (Bento et al., 2013).

Entre o sexto e o nono mês da vida fetal, a camada periosteal não se altera, permanece com uma fina divisão entre os sistemas endolinfáticos e perilinfáticos do labirinto, a camada se funde por volta da décima semana. Na décima semana, a camada média se solidifica enquanto a periosteal engrossa rapidamente, dando a característica final da densidade do osso maduro. Os centros de ossificação do anel timpânico começam a aparecer e, na sétima semana começa a ossificação. Na vigésima quinta semana já possui o tamanho do feto a termo. O osso timpânico se funde em sua parte anterior para formar o meato acústico externo. Durante o último mês de vida fetal a pneumatização da cavidade timpânica e epítimpânica está completa. O antro mastoideo é uma extensão póstero-lateral do epítímpano. Ele começa a se formar na vigésima segunda semana, e está bem adiantado na trigésima quarta semana. A primeira espira da cóclea se forma na oitava semana, na décima semana o segundo turno e, na vigésima quinta semana o ducto coclear já possui suas duas voltas e meia, como no adulto (Bento et al., 2013). O órgão de Corti já está plenamente formado com epitélio e membrana basilar, na vigésima quinta semana.

O nervo facial, nosso objeto de interesse devido a sua relevância no implante coclear, é derivado de cristas neurais e placas basais do tubo neural. O canal do nervo facial inicia-se como um sulco na parede lateral da divisão canalicular da cápsula ótica. O nervo facial, o músculo do estapédio, as artérias e veias estão agrupados nesse sulco não-ossificado. Essa ossificação se dá no feto de seis meses, formando o canal. Na terceira semana de gestação, os

nervos facial e acústico agregam-se à vesícula e o canal primordial do facial forma um sulco na cápsula ótica cartilaginosa (Bento et al., 2013). Na quinta semana o nervo facial começa a dar ramificações para a parte posterior do músculo digástrico.

O crescimento do osso temporal pós-natal é muito discutido. Durante muito tempo, acreditou-se que a morfologia e a orientação espacial do labirinto não mudavam significativamente após o nascimento (Weiglein, 1996). No entanto, parece que o crânio apresenta uma curva de crescimento bimodal entre um e quatro anos e novamente durante a puberdade, o que pode ter impacto significativo na anatomia do osso temporal. Foi sugerido que essas mudanças acontecem no processo timpânico e mastoideo e na porção escamosa do osso temporal (Kronenberg, 2006).

Com relação a anatomia relevante para o implante coclear, o recesso do facial não apresenta diferenças significativas entre crianças e adultos (Douglas et al., 2012; Cinamon, 2009). No entanto, Lloyd em 2010, apresentou evidências de que a espira basal da cóclea possa mudar sua orientação em relação ao recesso do facial, durante o crescimento (Douglas, 2012; Evangelos et al., 2009).

As mudanças no desenvolvimento do canal do facial após o nascimento estão diretamente ligadas ao desenvolvimento do osso temporal. Particularmente, o processo mastoideo e o meato auditivo externo (MAE), que contribuem no desenvolvimento da 3ª porção do canal.

Por isso, a maioria das mudanças anatômicas pós-nascimento são observados nesse segmento do nervo (Kronenberg, 2006; Jahanbakhsh et al., 2014).

No entanto, a porção timpânica também mostra mudanças após o nascimento devido as alterações da idade no osso escamoso. As mudanças mais significativas acontecem durante os primeiros 4 anos de vida (Cinamon, 2009; Evangelos et al., 2009). E ocorrem no comprimento da porção mastoidea, na posição do forame estilomastoideo e na posição do

corda do tímpano (Valavanis, 1983).

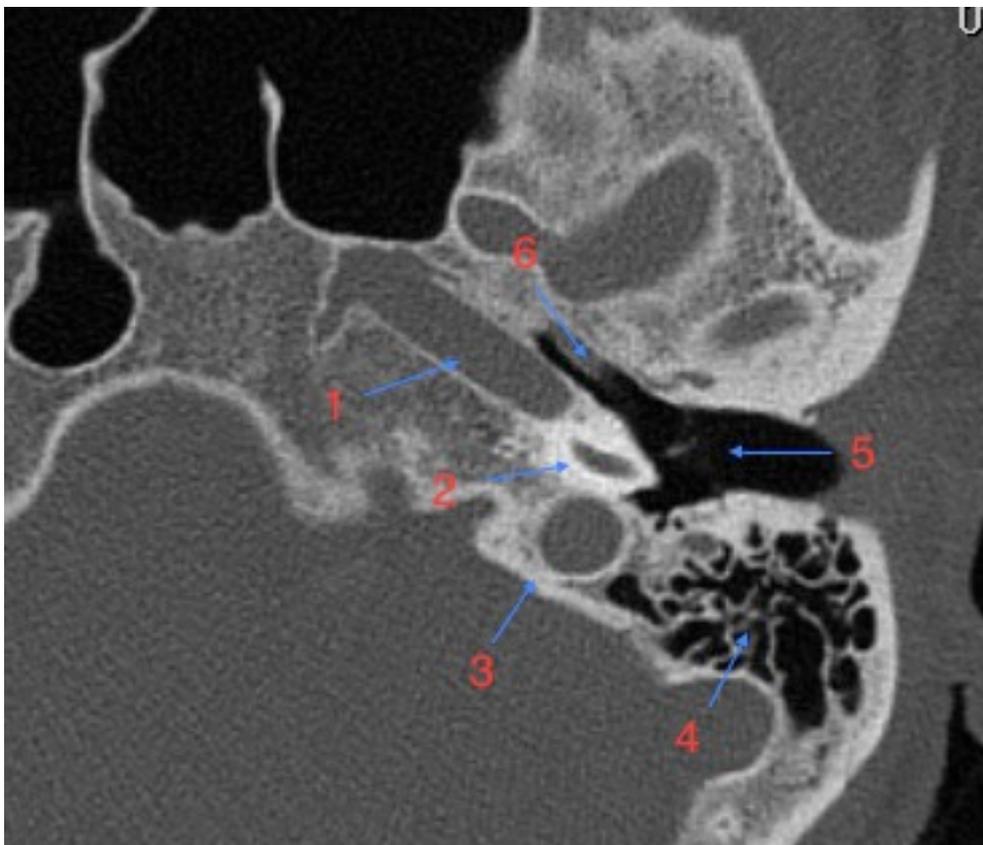
## **1.2 Anatomia tomográfica do nervo facial e estruturas da mastoide**

Descrevemos as principais estruturas anatômicas vistas através da tomografia computadorizada nos planos axial e coronal.

### **1.2.1 Plano Axial**

Os cortes axiais são apresentados no sentido cranial, do plano inferior para superior.

Na Fig. 2, observamos as estruturas do mesotímpano, onde identificamos porção horizontal do canal carotídeo (1) e sua relação com o giro basal da cóclea (2). Identifica-se também o seio timpânico (3), inferior e posterior à cóclea. A face anterior da porção mastoidea do temporal (4) e a porção inferior do meato auditivo externo (5). Anterior à cóclea e lateral à carótida, reconhecemos a região do pró- tímpano (6), que recebe o óstio timpânico da tuba auditiva e porção inicial do segmento horizontal do canal carotídeo.



FONTE: Imagens cedidas pela Dra Eloisa Gebrim.

Figura 2 – 1. Canal carotídeo. 2. Espira basal da cóclea. 3. Seio timpânico. 4. Mastoide. 5. MAE. 6. Pró-tímpano/ Tuba auditiva.

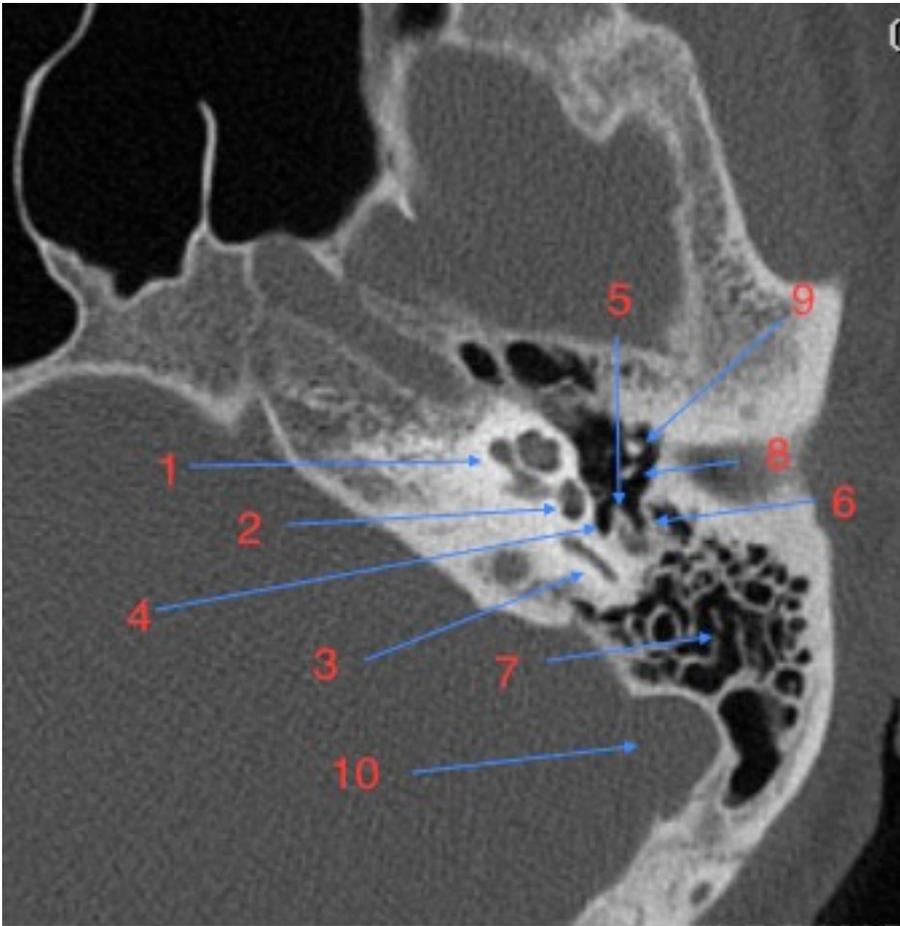
Na Fig. 3, um corte mais superior, observamos o canal carotídeo (1) imediatamente à frente da espira basal da cóclea (2), que aqui se encontra no plano da janela redonda (3), imediatamente posterior à fossa da janela redonda observa-se o seio timpânico (4). Podemos identificar ainda o seio sigmóide (5), o conduto auditivo externo (6) e a porção mastoidea do osso temporal (7).



FONTE: Imagens cedidas pela Dra Eloisa Gebrim

Figura 3. 1. Canal carotídeo. 2. Espira basal da cóclea. 3. Janela redonda. 4. Seio timpânico. 5. Seio sigmoide. 6. MAE. 7. Mastoide.

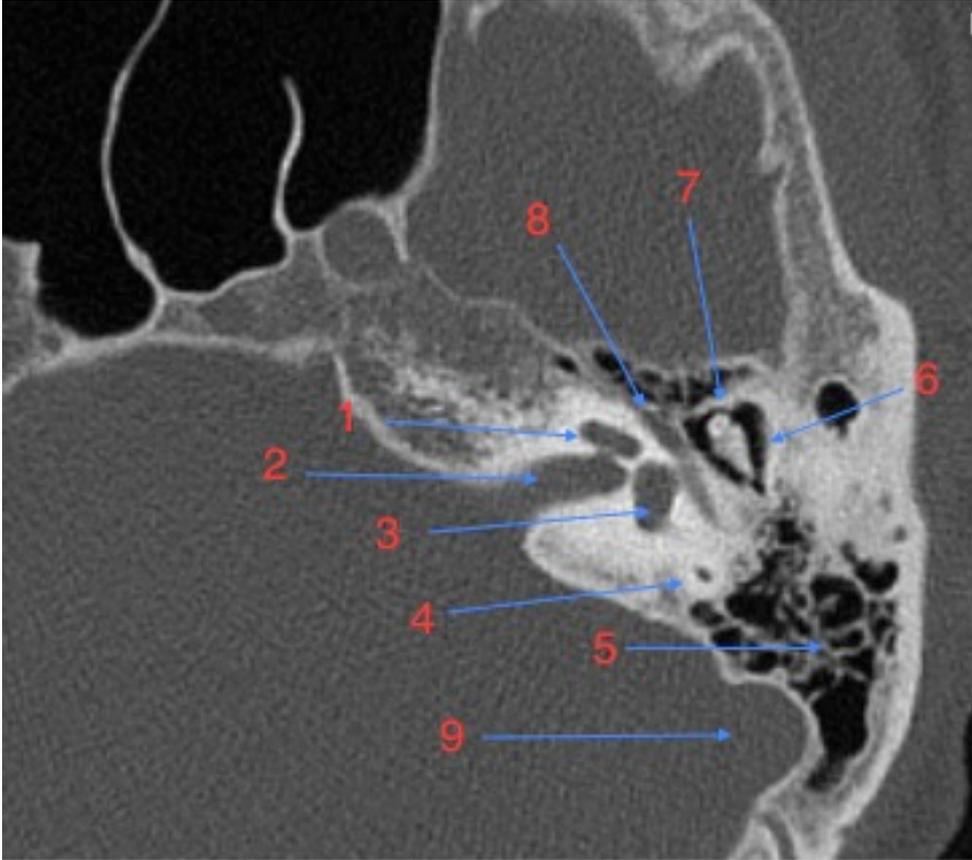
A Fig. 4 evidencia a cóclea (1) com suas espiras, a porção mais baixa do vestíbulo labiríntico (2), imediatamente acima do plano da janela redonda, com a projeção do canal semicircular posterior (3). Na orelha média, notamos a importante relação entre o seio timpânico (4), a eminência piramidal (5) e o recesso do facial (6). Identificam-se ainda a mastoide (7), o ramo longo da bigorna (8), o cabo do martelo (9) e a projeção do seio sigmoide (10).



FONTE: Imagens cedidas pela Dra Eloisa Gebrim

Figura 4. 1. Cóclea. 2. Vestíbulo. 3. Canal semicircular posterior. 4. Seio timpânico. 5. Eminência piramidal. 6. Terceira porção do canal do nervo facial. 7. Mastoide. 8. Ramo longo da bigorna. 9. Cabo do martelo. 10. Seio sigmoide.

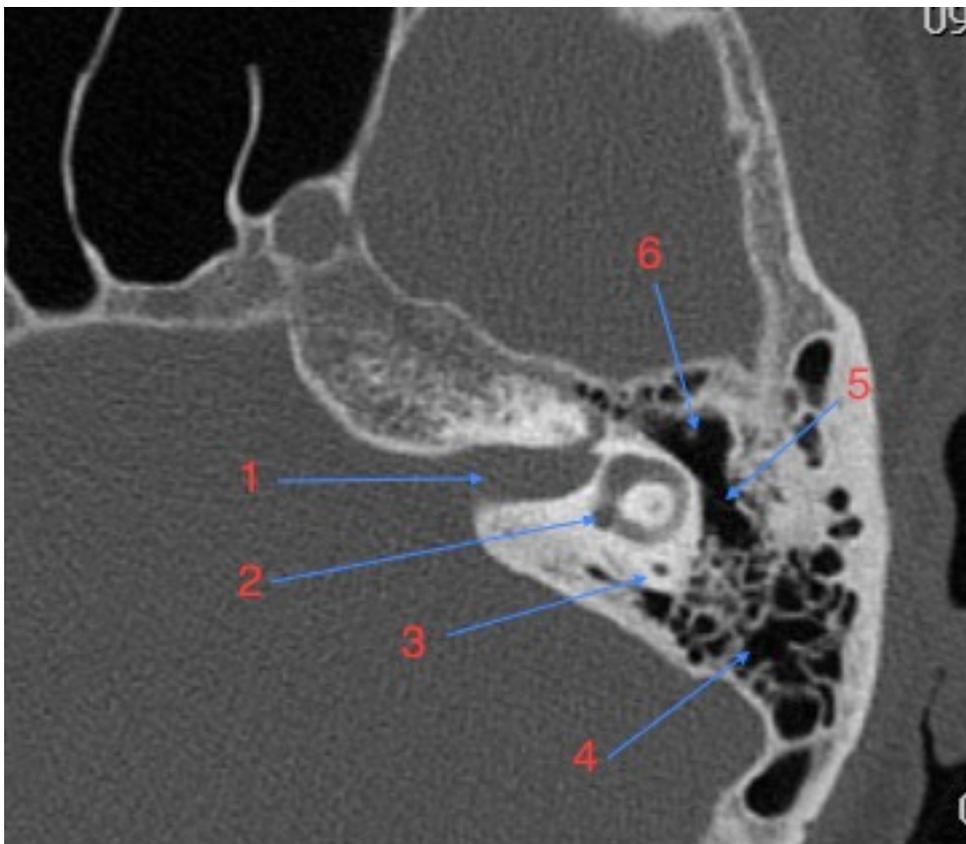
Na Fig. 5, a cóclea (1) é identificada a porção mais posterior da espira basal. O meato auditivo interno (2) é visto em seu plano médio, o mesmo ocorrendo com o vestíbulo (3), sendo possível identificar sua relação com o canal semicircular posterior (4). Neste corte, é possível observar o antro da mastoide (5), na caixa do tímpano notamos a articulação incudomaleolar (6,7) bem definida e, o segmento timpânico do nervo facial (8) e anteriormente à projeção do seio sigmoide (9).



FONTE: Imagens cedidas pela Dra Eloisa Gebrim

Figura 5. 1. Cóclea. 2. MAI. 3. Vestíbulo. 4. Canal semicircular posterior. 5. Antro da mastoide. 6. Corpo da bigorna. 7. Cabeça do martelo. 8. Segunda porção do canal do nervo facial. 9. Seio sigmoide.

Na Fig. 6, a região mais superior do MAI (1) é, normalmente, mais afunilada lateralmente. É possível visualizar, nesse corte, parte de dois dos três canais semicirculares; lateral (2) e posterior (3). Observa-se ainda o antro da mastoide (4), o *aditus ad antrum* (5) e epítimpano (6).



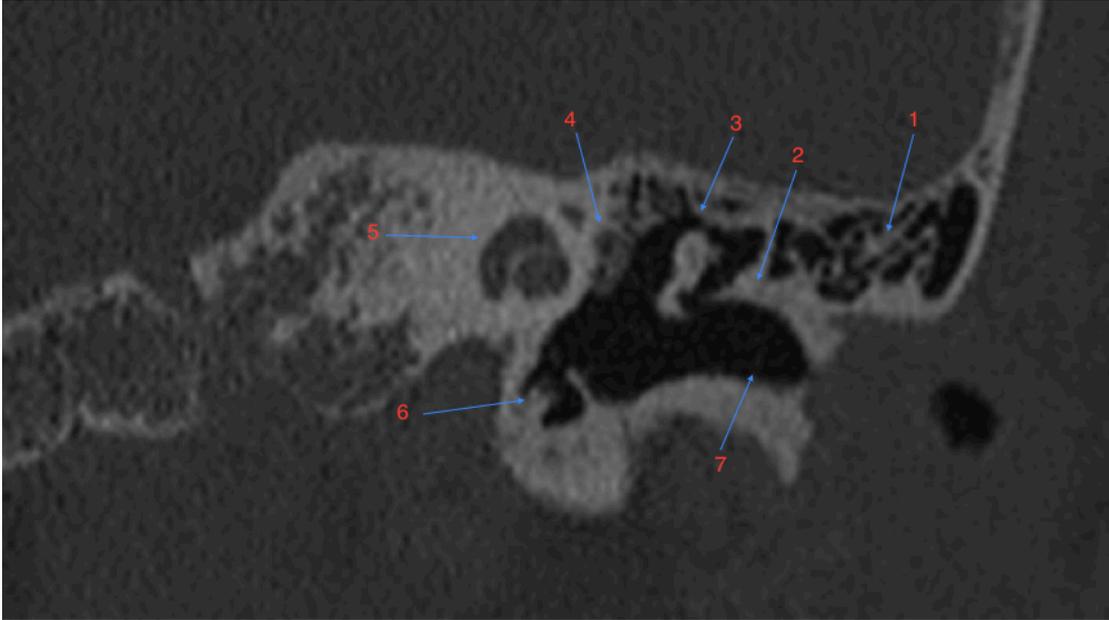
FONTE: Imagens cedidas pela Dra Eloisa Gebrim

Figura 6. 1. MAI. 2. Canal semicircular lateral. 3. Canal semicircular posterior. 4. Antro da mastoide. 5. “*Aditus ad antrum*”. 6. Epitímpano.

### 1.2.2 Plano coronal

Nesta série, os cortes são obtidos em sentido anterior para posterior.

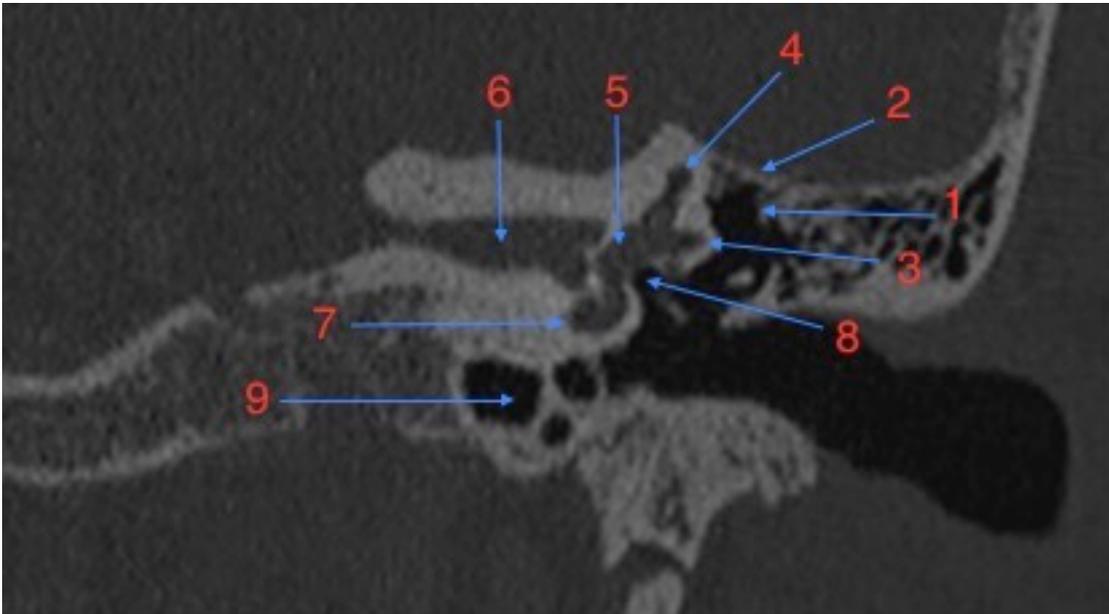
Na Fig. 7, a escama do temporal (1), o muro lateral do ático (2) e o martelo (3) a porção final do segmento labiríntico do nervo facial (4) e a cóclea (5). A caixa do tímpano aparece em seu eixo superior-inferior, sendo importante a visualização do hipotímpano (6) e MAE (7).



FONTE: Imagens cedidas pela Dra Eloisa Gebrim

Figura 7. 1. Escama temporal. 2. Muro lateral do ático. 3. Martelo. 4. Primeira porção do canal do nervo facial. 5. Cóclea. 6. Hipotímpano. 7. MAE.

Na Fig. 8 identifica-se o antro mastoideo (1) e o *tegmen* mastóideo (2). Observa-se ainda, a o canal semicircular lateral (3), o canal superior (4), o vestíbulo (5). Localizado medialmente com relação ao fundo do vestíbulo labiríntico, encontra-se o canal auditivo interno (6) vemos ainda a abertura do giro basal da cóclea (7) e a janela oval (8). Observa-se uma boa pneumatização do osso temporal na região infralabiríntica (9).



FONTE: Imagens cedidas pela Dra Eloisa Gebrim

Figura 8. 1. Antro da mastoide. 2. *Tegmen* mastoideo. 3. Canal semicircular lateral. 4. Canal semicircular superior. 5. Vestíbulo. 6. MAI. 7. Espira basal da cóclea. 8. Janela oval. 9. Células infralabirínticas.

Apesar da segurança desse procedimento ter aumentado devido aos avanços tecnológicos, ainda existem complicações, principalmente em faixas etárias mais precoces, onde as estruturas anatômicas nobres (nervo facial, nervo corda do tímpano e cóclea) apresentam angulações e posicionamentos diferentes do adulto. As atuais técnicas para acesso à cóclea, usam feedback visual para evitar essas estruturas. Sendo o nervo facial o de maior risco de lesão devido a necessidade de abordagem do recesso do nervo. Nesse caso, visando aumentar a segurança do procedimento, diminuir o tempo cirúrgico, o tempo de cicatrização e acelerar a ativação do implante coclear, técnicas robóticas de abordagem minimamente invasiva foram propostas.

A conduta baseia-se no fato de que é possível passar uma broca através do osso temporal após um planejamento tomográfico prévio, com o estudo anatômico das estruturas nobres da mastoide através do uso de trajetória guiada por imagem, enquanto estruturas críticas do osso temporal são evitadas.

A aplicabilidade do acesso percutâneo à cóclea já foi comprovada *in vitro* e *in vivo*, usando um quadro microesterotático customizado baseado na tomografia computadorizada pré-operatória (Warren et al., 2007; Labadie et al., 2008; Wanna et al., 2010).

Com os trabalhos (Moberly et al., 2016; Deshpande et al., 2015) mostrando a importância da estimulação auditiva precoce na melhora dos resultados auditivos e de aquisição de linguagem em crianças, programas de implante tem implantado crianças cada vez menores. Essa discussão envolve um diagnóstico exato, imaturidade das vias auditivas em alguns pacientes, dificuldades cirúrgicas em crianças pequenas, complexidade de anestesia nessa faixa etária, entre outros problemas. A possibilidade de um implante percutâneo através da robótica com uso de trajetória teleguiada por imagem torna a cirurgia menos invasiva, menos traumática e muito mais rápida, minimizando os riscos de uma anestesia longa em crianças recém nascidas. Meu orientador sempre citou ter ouvido na década de 80, quando ainda o procedimento “implante coclear” era discutido como válido ou não, numa conferência o Prof. Chouard de Paris (um dos criadores do implante coclear) que enfatizava a importância da estimulação precoce no resultado dos implantes cocleares e previa que um dia seria uma cirurgia a ser realizada “intra-útero”, causando uma incredulidade na platéia! Hoje vemos que a previsão dele pode não ser impossível e pode acontecer nas próximas décadas.

No intuito de contribuir para o desenvolvimento de uma técnica cirúrgica para implante coclear em recém natos, propomos os objetivos a seguir.

# 1 OBJETIVOS

## **2 OBJETIVOS**

Avaliar a trajetória simulada na tomografia computadorizada, da broca utilizada na técnica percutânea para viabilidade do implante coclear em neonatos por meio de:

1- Medidas da trajetória simulada da broca entre a cortical do osso temporal e a cocleostomia.

Com cálculo da média, mediana e desvio padrão.

2- Aferir a média, mediana e desvio padrão das distâncias entre a trajetória simulada e a cadeia ossicular, membrana timpânica e nervo facial.

## 3 REVISÃO DA LITERATURA

### **3 REVISÃO DA LITERATURA**

#### **3.1 Implante coclear percutâneo**

Os principais passos do implante coclear percutâneo envolvem: tomografar a mastoide, implantar três marcadores fiduciais ao redor do osso temporal; obter nova tomografia evidenciando a posição dos marcadores fiduciais; projetar e construir um quadro microesterotático que se monte sobre os marcadores e adquira trajetória determinada usando o quadro como suporte para brocar até a cóclea (Noble et al. 2007).

O quadro microestereotático é chamado de micromesa, e pode ser construída em minutos. A micromesa consiste numa parte plana superior, com 3 pernas que se adaptam aos marcadores fiduciais implantados no osso, de forma que a parte superior da mesa fique perpendicular à trajetória desejada. O tampo da mesa possui 4 orifícios, 3 são usados para conectar as pernas e o quarto, serve como mira que determinará a trajetória (Balachandran et al. 2010). O orifício de mira é desenhado sempre de forma que o topo do escareador fique a 75 mm da cóclea.

A micromesa pode ser fabricada em menos de 4 minutos por uma máquina CNC (Computer-Numeric-Control), ela é fabricada após os dados da tomografia computadorizada serem analisados.

É criada uma imprensa de broca, usada para avançar a broca linearmente ao longo do caminho confinado pela micromesa. O sistema de broca consiste em um guia linear que controla o trajeto reto da broca a uma distância específica, e um adaptador da broca usado

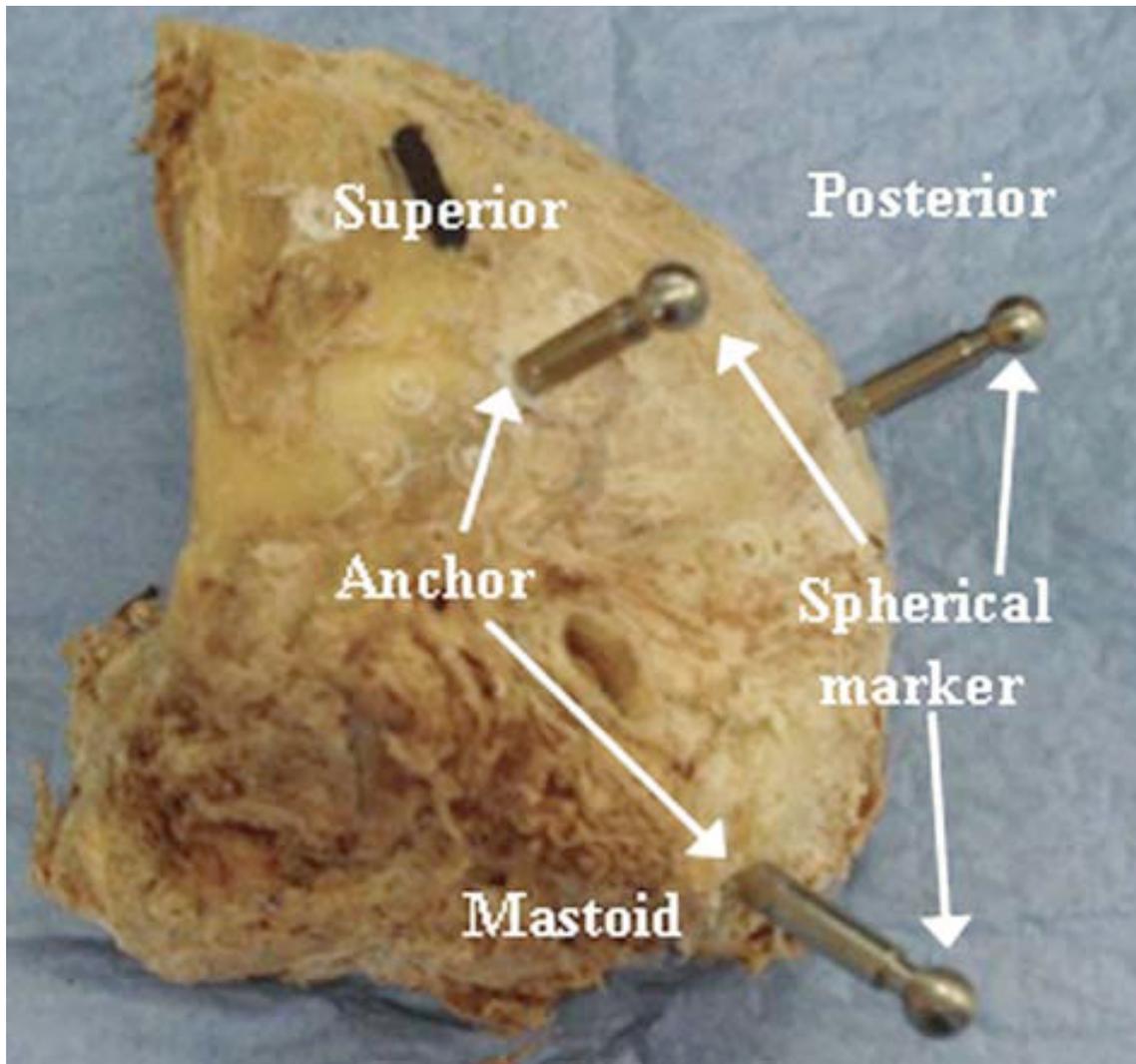
para restringir os movimentos da ponta da broca durante a brocagem (Balachandran et al. 2010; Labadie et al. 2010).

São usadas brocas tipo “twist”, ideal para brocar com avanço de 6 mm de diâmetro no início da dissecação e, ao chegar à 20 mm do alvo, a broca é substituída por uma de 1.9 mm de diâmetro. Esse ponto é quando o recesso do nervo facial é atravessado.

O sistema de guia linear e o adaptador da ponta da broca foram desenhados de forma que a broca chegue ao local exato desejado e, a ser impedida fisicamente de passar o sistema da broca além do trajeto pré-estabelecido. A distância a ser brocada é medida por um dispositivo chamado FARO Gage Plus (Faro Technologies Inc., Lake Mary, FL). O orifício inicial de 6 mm é usado para promover irrigação durante a brocagem mais profunda. O orifício de 1.9 mm até a cóclea fornece espaço suficiente para a implantação do eletrodo com uma ferramenta de inserção customizada (Majdani et al. 2010).

### **3.2 Implante dos marcadores Fiduciais**

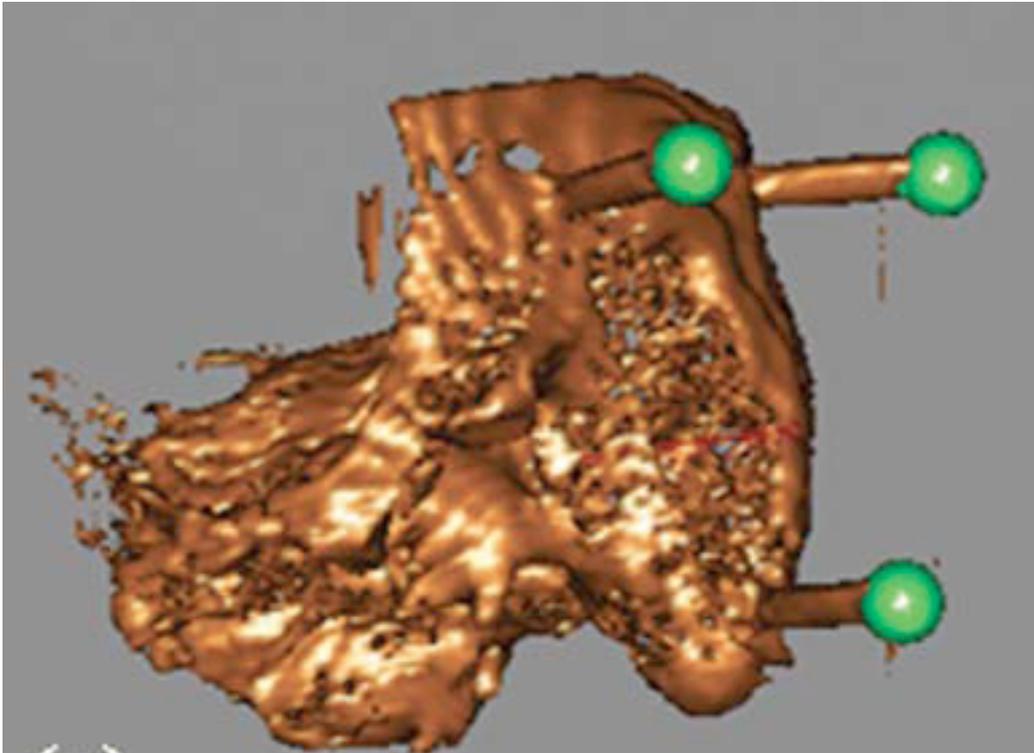
Um estudo tomográfico da mastoide é feito e as estruturas do osso temporal são identificadas. Os marcadores são implantados em 3 pontos ao redor do alvo, usualmente, a ponta da mastoide, a região supra helicoidal e a região posterior ao seio sigmoide são usados como parâmetros anatômicos (Figura 9). Cada marcador consiste em uma âncora que é aparafusada no osso e, uma extensão na ponta, que é uma porção esférica que serve como fiducial, de forma a obter maior acurácia.



Fonte: Imagens cedidas pelo Prof. Robert Labadie

Figura 9. Spherical marker- Marcadores esféricos; Anchor- Âncora; Mastoid- Mastoide; Superior- Superior; Posterior- Posterior.

Depois de implantar os marcadores fiduciais esféricos, é realizada uma nova tomografia para localizar o centro dos mesmos. (Figura 10). Essa etapa leva em torno de 4 minutos.



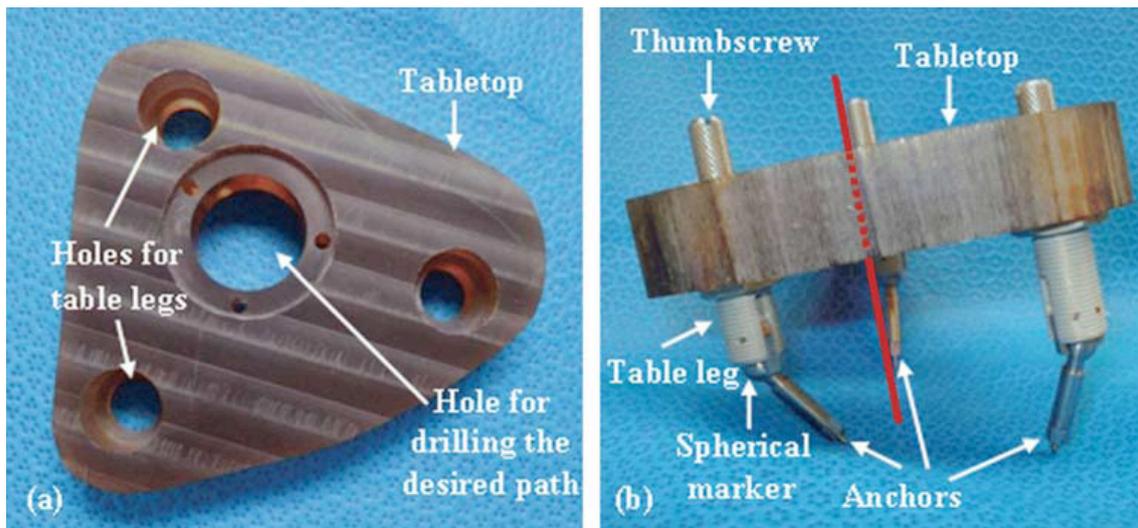
Fonte: Imagens cedidas pelo Prof. Robert Labadie

Figura 10. Reconstrução tomográfica do osso temporal com o centro dos marcadores fiduciais em verde.

### **3.3 Desenho e Fabricação do Quadro Microestereotático Customizado**

A localização dos marcadores e a trajetória desejada são usadas para a fabricação da micromesa (Figura 11). A construção envolve a determinação da localização e da profundidade dos 4 orifícios no topo da micromesa, e o comprimento das 3 pernas que conectam o topo da mesa aos marcadores. O programa customizado Matlab (The Mathworks, Natick, MA) automaticamente determina esses valores, criando um modelo virtual da

micromesa e gerando os comandos necessários para o funcionamento da máquina CNC para a fabricação da micromesa.



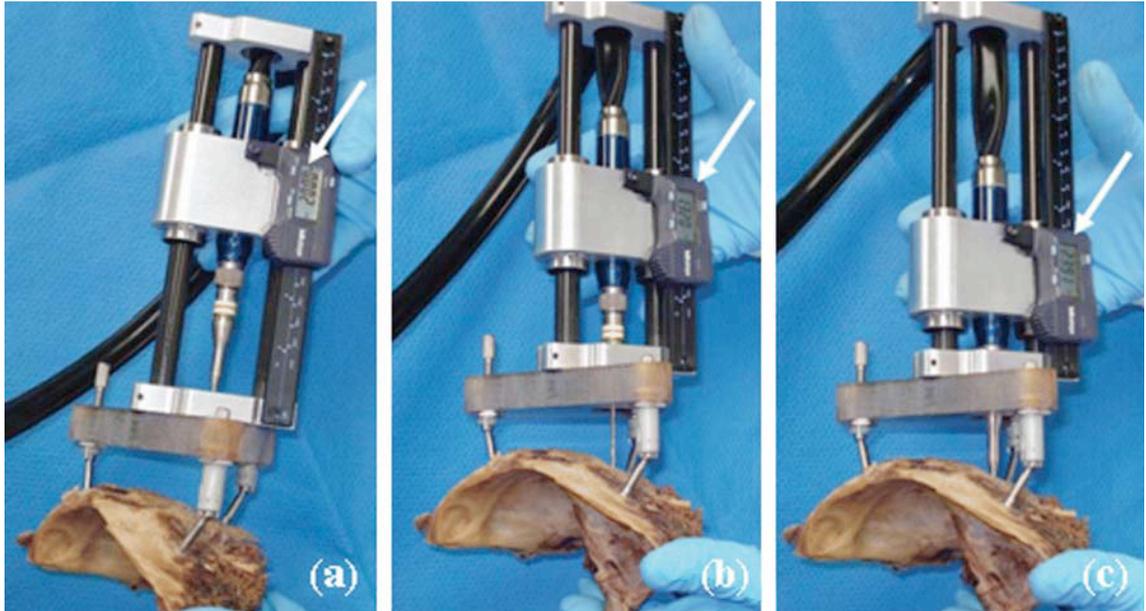
Fonte: Imagens cedidas pelo Prof. Robert Labadie

Figura 11. Micromesa. (A) Holes for table legs- Buracos para a perna da mesa; Hole for drilling the desired path- Buraco para brocagem do trajeto desejado; Tabletop- topo da mesa. (B) Thumbscrew- Cabeça do parafuso; Tabletop- topo da mesa; Table leg- perna da mesa; Spherical marker- Marcador esférico; Anchors- Âncoras

### 3.4 Acoplando o Quadro e a Broca

A micromesa é afixada aos marcadores através de parafusos presos aos marcadores fiduciais esféricos. O adaptador da broca para a ponta de 6 mm é inserido na prensa da broca e então, é montado visando como alvo o orifício da micromesa. Os parafusos são apertados para manter o mecanismo no lugar (Figura 12). A brocagem é iniciada através do trajeto estipulado, até atingir o ponto de parada determinado, ou seja, a 20 mm do alvo final. A prensa da broca e o adaptador são removidos, a broca de 6 mm é substituída pela broca de 1.9

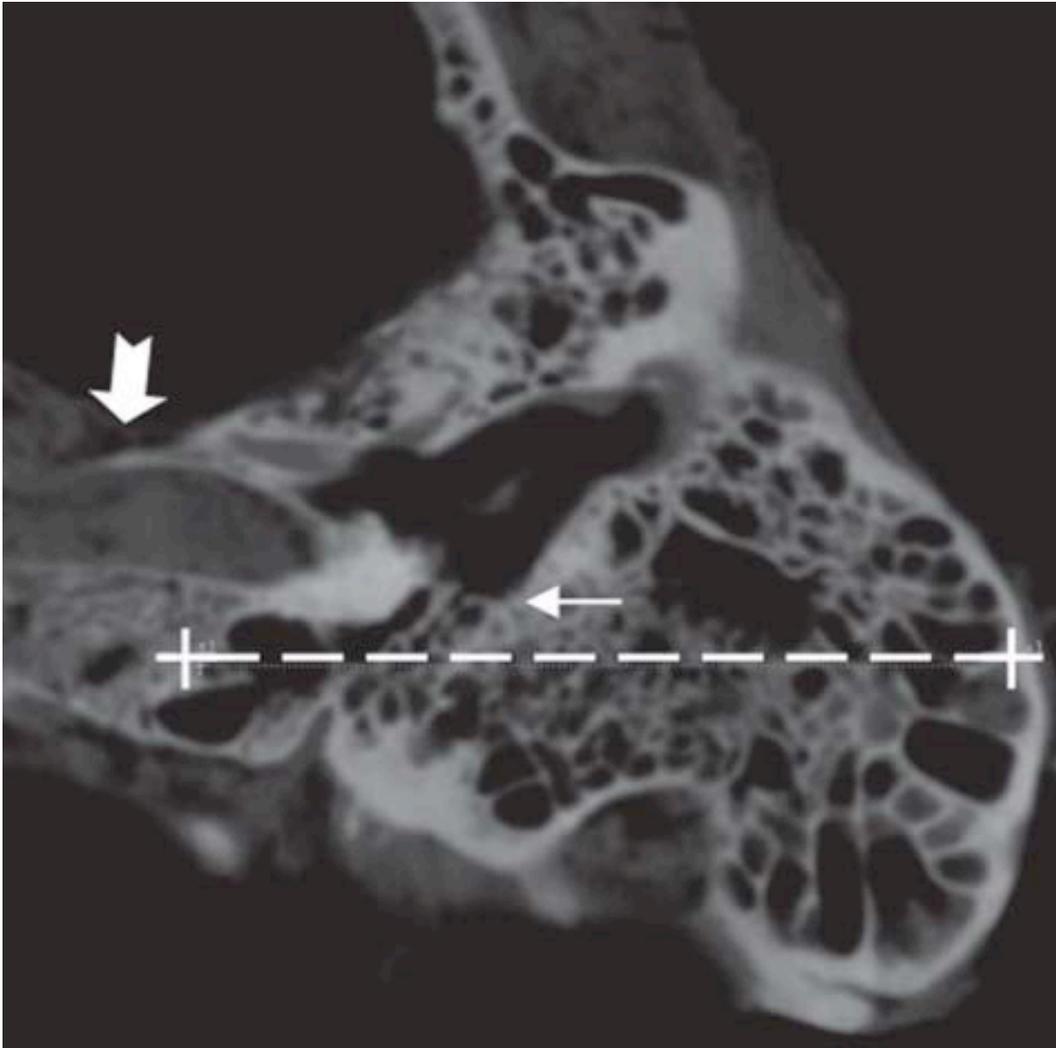
mm, que é então inserida no mecanismo da broca como antes. A brocagem é reiniciada até a prensa da broca parar à 75 mm- a profundidade da cóclea.



Fonte: Imagens cedidas pelo Prof. Robert Labadie

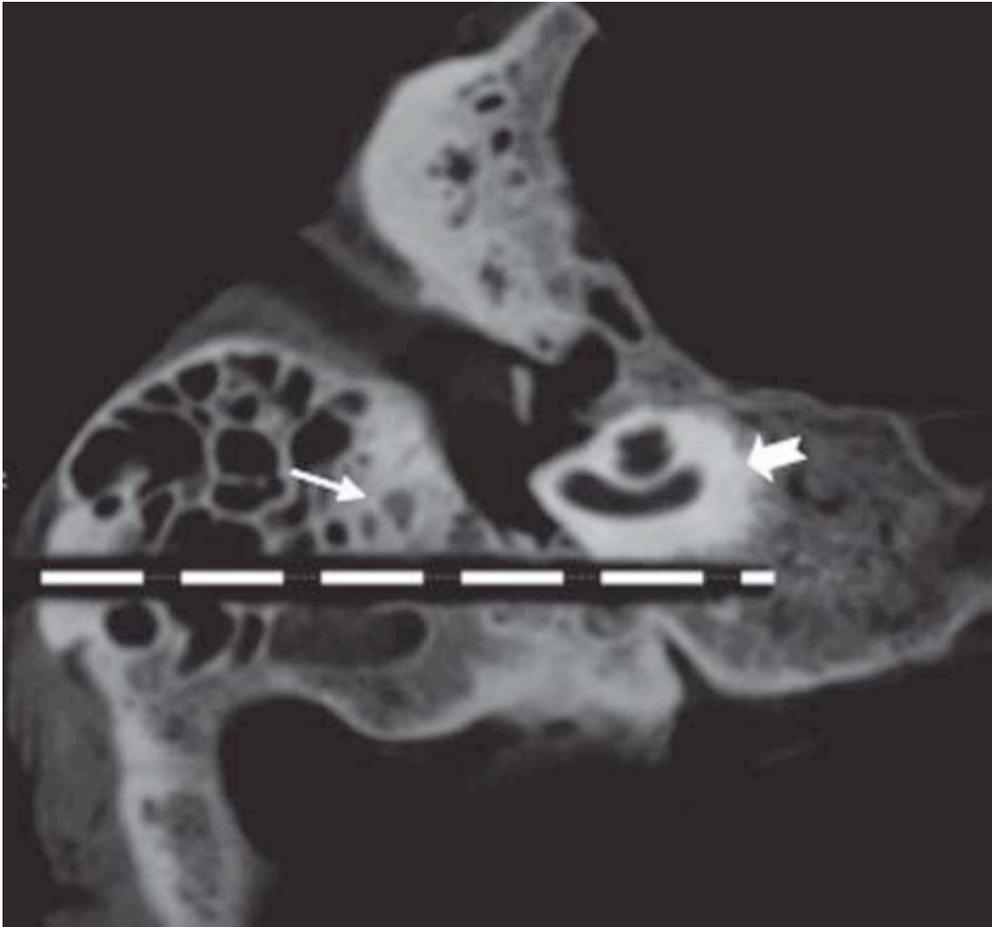
Figura 12. Sistema da broca acoplado à micromesa que está fixa ao osso temporal pelos marcadores fiduciais. Setas indicando a distância percorrida pela imprensa da broca.

Os marcadores fiduciais esféricos estarão presentes nessa tomografia e serão usados para fazer os registros da tomografia prévia. A trajetória planejada na tomografia intraoperatória é transformada (expressão matemática que indica mudança de valor) na tomografia pós-operatória, e o desvio da trajetória pré determinada da broca é definido (Figura 13). Essa última tomografia é registrada, usando técnica de registro de informação mútua e aplicada à primeira tomografia, onde as estruturas críticas foram automaticamente segmentadas. Aplicando esse registro de transformação, a linha central do trajeto da broca é transformada e medida na tomografia pré-operatória, a menor distância do trajeto da broca das estruturas vitais (Figura 14).



Fonte: Imagens cedidas pelo Prof. Robert Labadie

Figura 13. Trajeto da broca e sua relação com a carótida (seta grossa) e a cóclea (seta fina).



Fonte: Imagens cedidas pelo Prof. Robert Labadie

Figura 14. Trajeto da broca e sua relação com a cóclea (seta)

## **4 MATERIAIS E MÉTODOS**

## **4 MATERIAIS E MÉTODOS**

### **4.1 Desenho do Estudo**

Esse trabalho configura um estudo experimental.

O protocolo de pesquisa foi aprovado pela Comissão Nacional de Ética e Pesquisa (CONEP) e pelo Conselho de Ética e Pesquisa (CEP) do Hospital das Clínicas e da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (FMUSP) CAAE: 51243215.2.0000.065.

Foram usados 10 espécimes de natimortos com idade gestacional entre 32 e 40 semanas. Pelo estudo ser em cadáveres, não se aplica Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE). As peças anatômicas são de propriedade do Laboratório de Anatomia da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo.

### **4.2 Materiais**

#### **4.2.1 Característica da População**

Foram tomografadas 10 espécimes de natimortos entre 32 e 40 semanas gestacionais, seguido de análise tomográfica e demarcação das estruturas anatômicas relacionadas ao implante coclear. Os dados foram analisados na Universidade de Vanderbilt pela pesquisadora principal e pelo responsável do software de análise.

#### **4.2.2 Seleção da amostra**

Para admissão no estudo foram considerados os critérios seguintes:

##### **Critério de Inclusão:**

Cadáveres de crianças entre 32 e 40 semanas gestacionais em idade perinatal.

Cadáveres que não apresentarem alterações anatômicas nas estruturas das orelhas média, orelha interna e na densidade óssea durante o estudo tomográfico, serão incluídos no estudo.

Dessa forma, uma das peças foi excluída, por apresentar uma alteração em sua densidade óssea que impossibilitava a avaliação tomográfica.

#### **4.3 Metodologia**

Foi feito um estudo tomográfico em 9 espécimes de natimortos entre 32 e 40 semanas gestacionais, utilizando aparelho Discovery CT 750 HD General Electric Healthcare, Milwaukee, MI (Protocolo tomográfico- aquisição volumétrica helical Hi-res rotação 0,8 segundos com colimação de 0,625 mm e intervalo 0,312 mm KV 140 mA: 400 FOV- determinado pela mensuração do diâmetro latero- lateral da região temporal na radiografia digital e reconstrução High Definition Ultra). Realizado no laboratório de Radiologia da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, pela Dra Eloisa Maria Mello Santiago Gebrim.

##### **4.3.1 Estudo tomográfico**

As peças anatômicas foram posicionadas no tomógrafo em decúbito dorsal, com a cabeça em

hiperextensão com auxílio de coxim (Figura 15), formando um ângulo reto com a base do tomógrafo. Foram feitas imagens nos planos coronal e axial, com espessura de 0,6 mm. As imagens foram transferidas para o software *Improvise*, desenvolvido por Jack Noble, engenheiro da Universidade de Vanderbilt, onde foram segmentadas as estruturas envolvidas no implante coclear (nervo facial, cadeia ossicular, membrana timpânica, labirinto e cóclea). As análises e reconstruções foram feitas e pela autora e por Jack Noble.

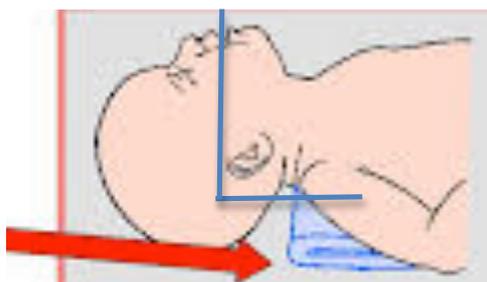


Figura 15: Hiperextensão do pescoço, coxim indicado pela seta. Ângulo reto entre a base a mandíbula.

#### 4.3.2 Segmentação das imagens e medidas das distâncias

O canal do nervo facial, a membrana timpânica, a cadeia ossicular e o labirinto foram demarcados. Para identificação das peças tomamos como padrão as cores do nervo facial (vermelho), membrana timpânica (laranja), cadeia ossicular (azul), sendo o labirinto com a cor variável equivalente a peça anatômica tomografada. As demarcações foram feitas em todas as imagens dos cortes axial, coronal e sagital da tomografia. Seguido da segmentação em Mesh (Imagem em 3D) (Figura 16 e 17).

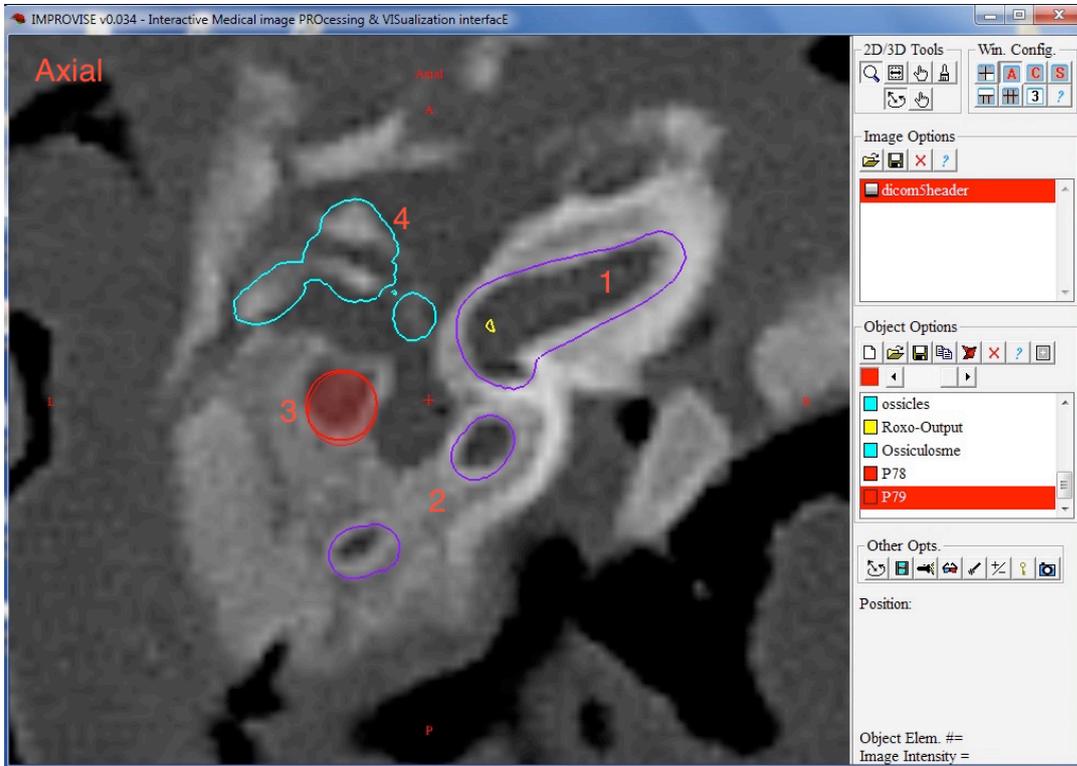


Figura 16: Corte axial demonstrando segmentação das estruturas:- 1- Cóclea; 2- Canal Semicircular Posterior; 3: Nervo Facial; 4-Cadeia Ossicular.

A partir da segmentação, simula-se a trajetória da broca entre a cortical do osso temporal e a escala timpânica através da cocleostomia com o software Improvise. (Figuras 17).

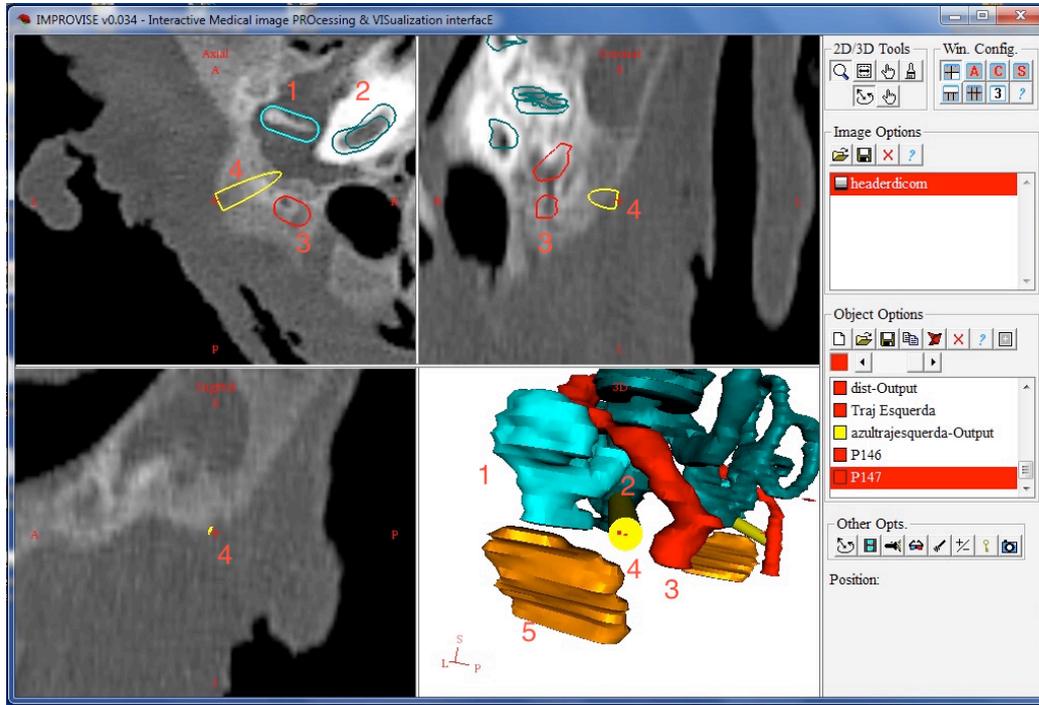


Figura 17: - Programa Improvise fornecendo 4 planos para reconstrução individual da anatomia- Axial, Coronal, Sagital e 3D. 1- Cadeia Ossicular; 2- Cóclea; 3- Nervo Facial; 4- Trajetória; 5- Membrana Timpânica.

Para definir a trajetória entre a cortical do osso temporal e a cocleostomia, foram usados recursos do software Improvise que permitem marcar e medir a distância entre pontos em locais distintos da imagem. Dessa forma, o primeiro ponto foi posicionado na escala timpânica e o segundo, na cortical do osso temporal, tendo como limites, o nervo facial, cadeia ossicular e a membrana timpânica. Para simular a espessura da broca, foi criado um cilindro (amarelo) de 0.5mm de raio. O plano axial foi o escolhido para realização da demarcação dos pontos de definição da trajetória, por apresentar mais precisão para identificação da escala timpânica do que os demais planos (Figuras 18,19,20, 21, 22, 23 e 24).

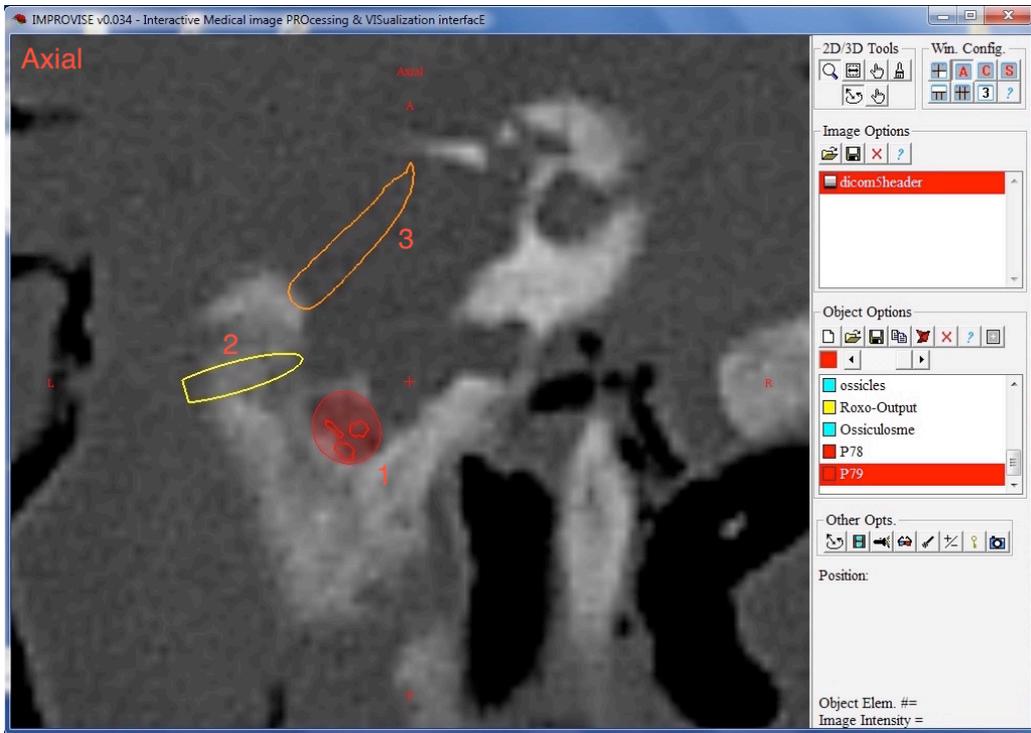


Figura 18: Trajetória no plano axial. 1- Nervo facial; 2- Trajetória; 3- Membrana timpânica.

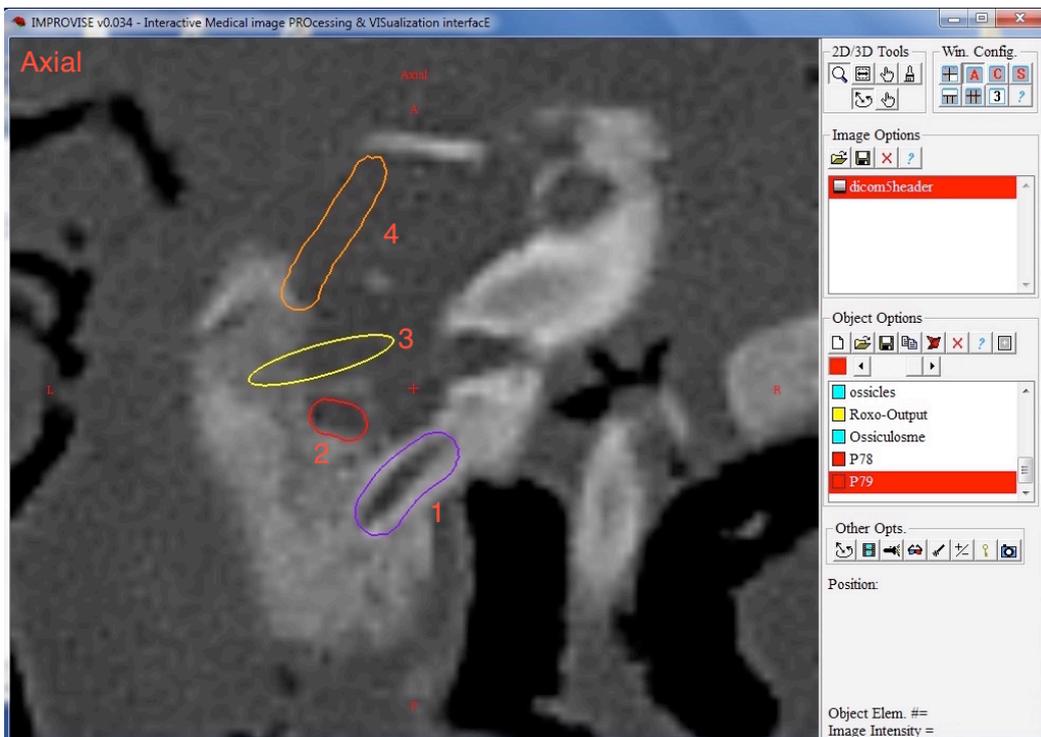


Figura 19: Corte axial mostrando a trajetória avançando em direção à cóclea. 1- Canal Semicircular Posterior; 2- Nervo facial; 3- Trajetória; 4- Membrana Timpânica.

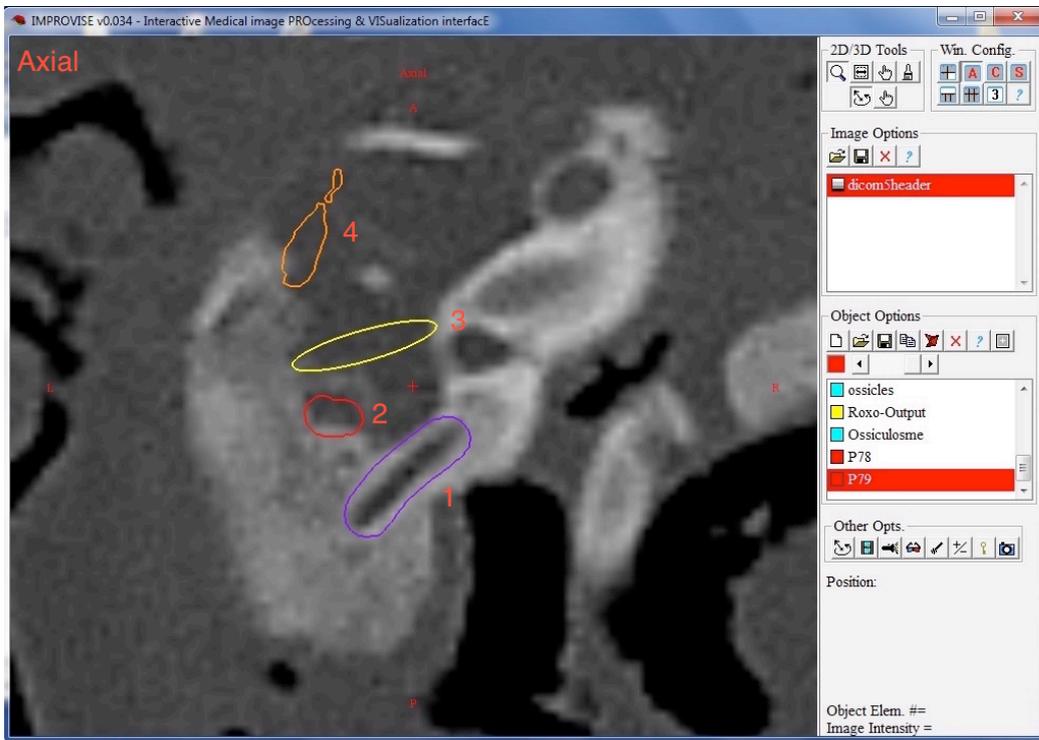


Figura 20: Corte axial. 1- Canal Semicircular Posterior; 2- Nervo Facial; 3- Trajetória; 4- Membrana Timpânica.

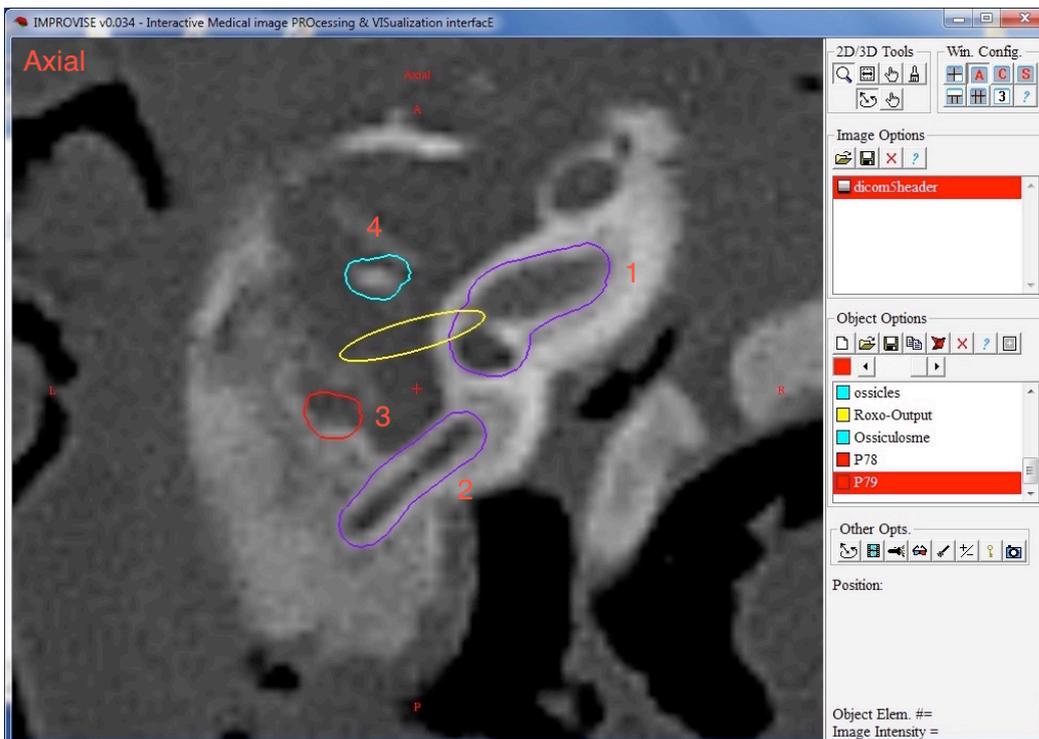


Figura 21: Trajetória em amarelo. 1- Cóclea; 2- Canal Semicircular Posterior; 3- Nervo Facial; 4- Cadeia Ossicular.

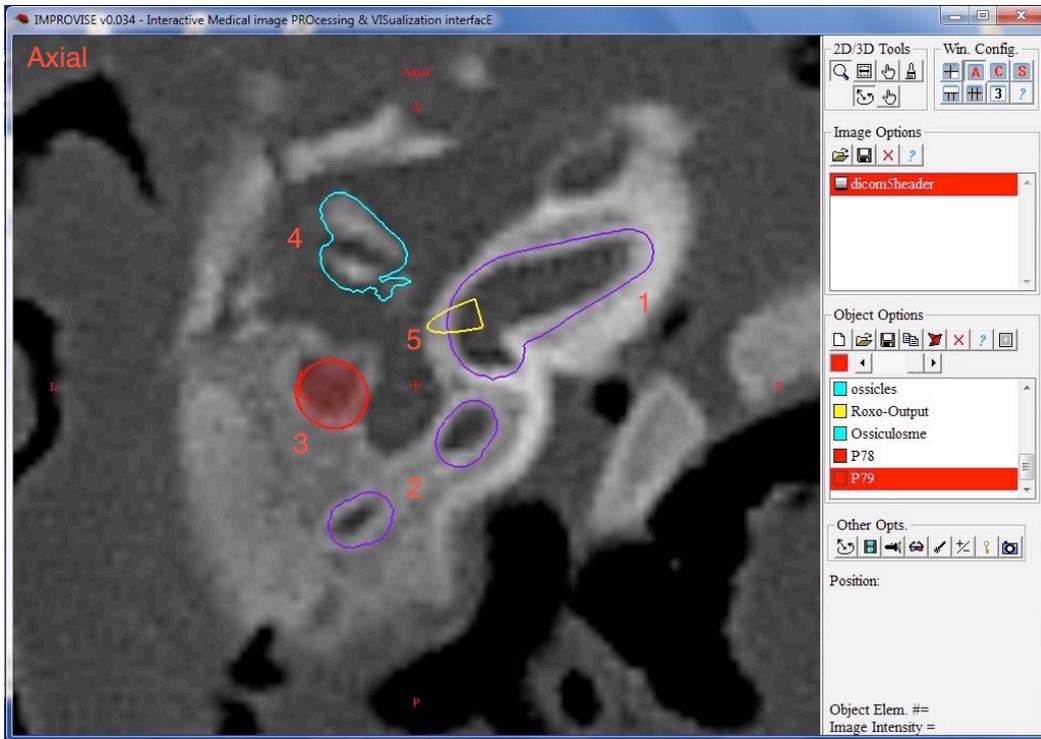


Figura 22: 1- Cóclea; 2- Canal Semicircular Posterior; 3- Nervo Facial; 4- Cadeia Ossicular; 5- Trajetória até a escala timpânica.

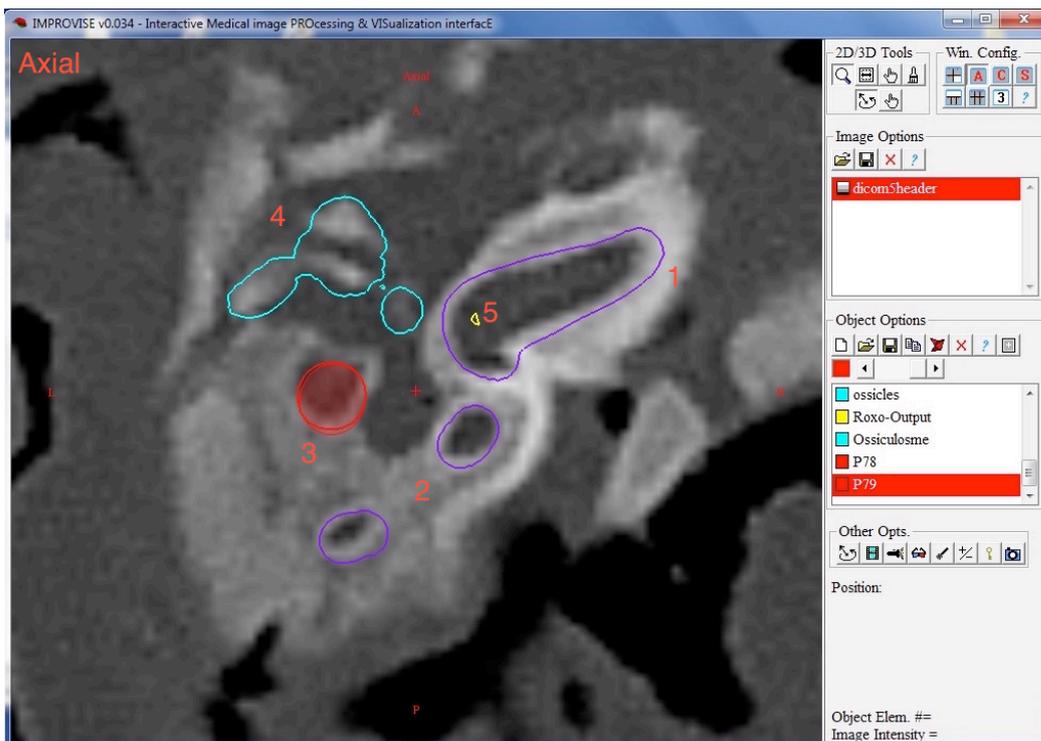


Figura 23: 1- Cóclea; 2- Canal Semicircular Posterior; 3- Nervo Facial; 4- Cadeia Ossicular; 5- Escala timpânica.

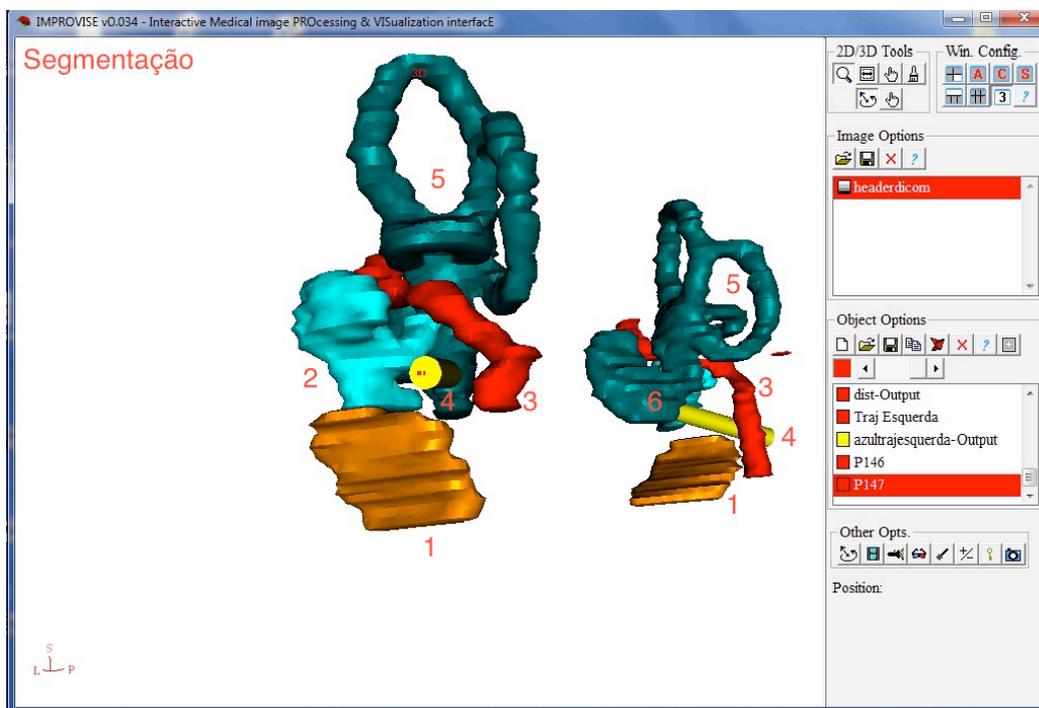


Figura 24: Imagem segmentada (Mesh) e reconstruída em 3D: 1- Membrana Timpânica; 2- Cadeia Ossicular; 3- Nervo facial; 4- Trajetória; 5- Labirinto; 6- Cóclea.

Obtivemos em seguida as medidas da menor distância entre o nervo facial e a trajetória (Figura 26); a cadeia ossicular e a trajetória (Figura 27); a membrana timpânica e a trajetória (Figura 28) e, da cortical do osso temporal até a escala timpânica (Figura 29). Para isso, utilizamos o recurso “Image Processing”, indicado pelo símbolo “+/-“ ; seguido de: “Steps- Math Operation”- “Surface distance Quantity”, que realiza as medidas utilizando a imagem Mesh. As variáveis são definidas a partir das imagens segmentadas de cada estrutura a ser medida (Opção “Input”). São selecionadas 2 variáveis sendo uma a trajetória e a outra a estrutura de desejo a ser medida (cadeia ossicular, nervo facial ou membrana timpânica). Os resultados aparecem em “Variables”, com o nome da estrutura que está sendo analisada aparecendo em “Name” e o valor em “Value” (Figura 25). As medidas foram bilaterais.

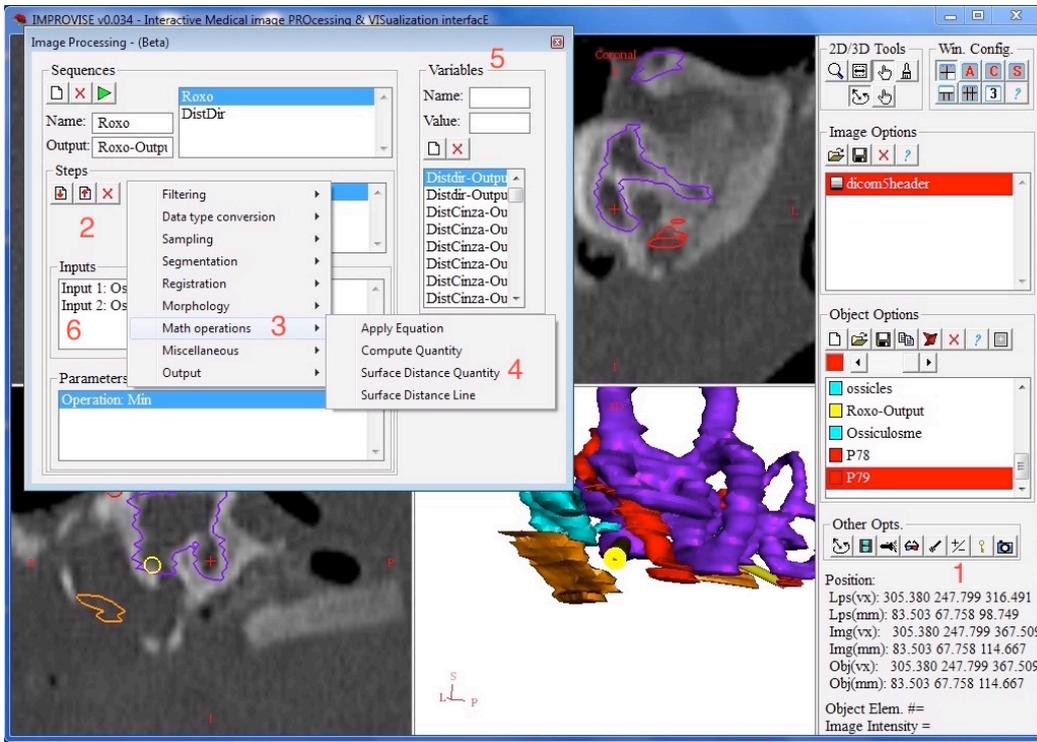


Figura 25: Executando as medidas das distâncias das estruturas à trajetória. 1- Image Processing; 2- Seleção da operação a ser realizada; 3- Math Operations; 4- Surface Distance Quantity; 5- Variables; 6- Input.

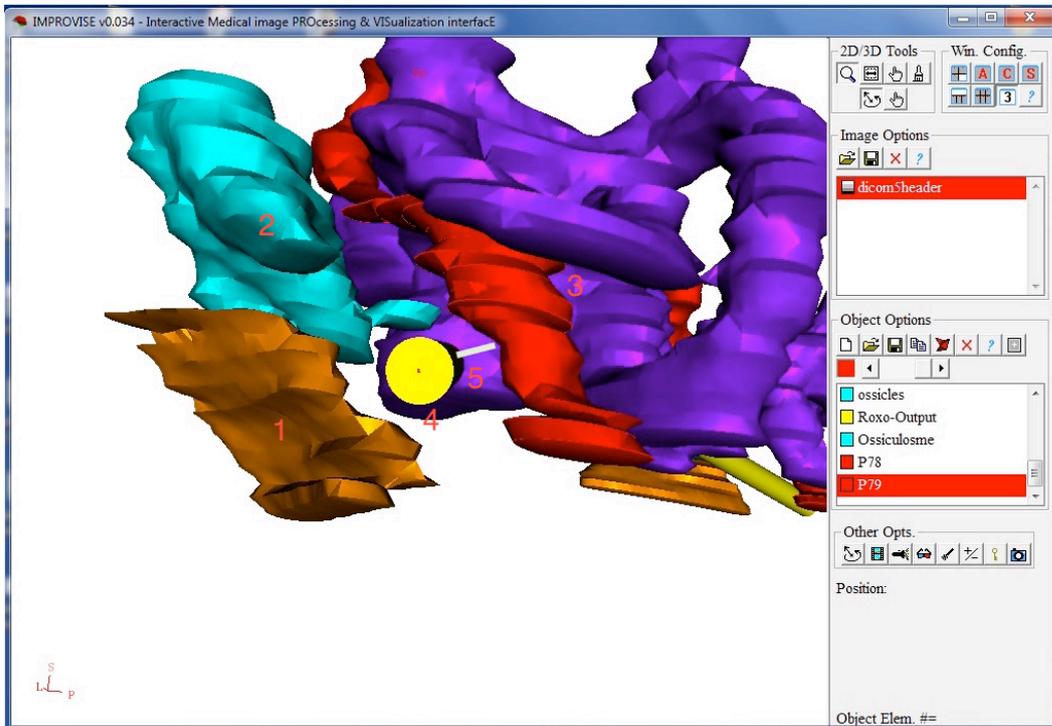


Figura 26: Menor distância entre a trajetória e o nervo facial. 1- Membrana timpânica; 2- Cadeia Ossicular; 3- Nervo Facial; 4- Trajetória; 5- Distância entre a trajetória e o nervo facial.

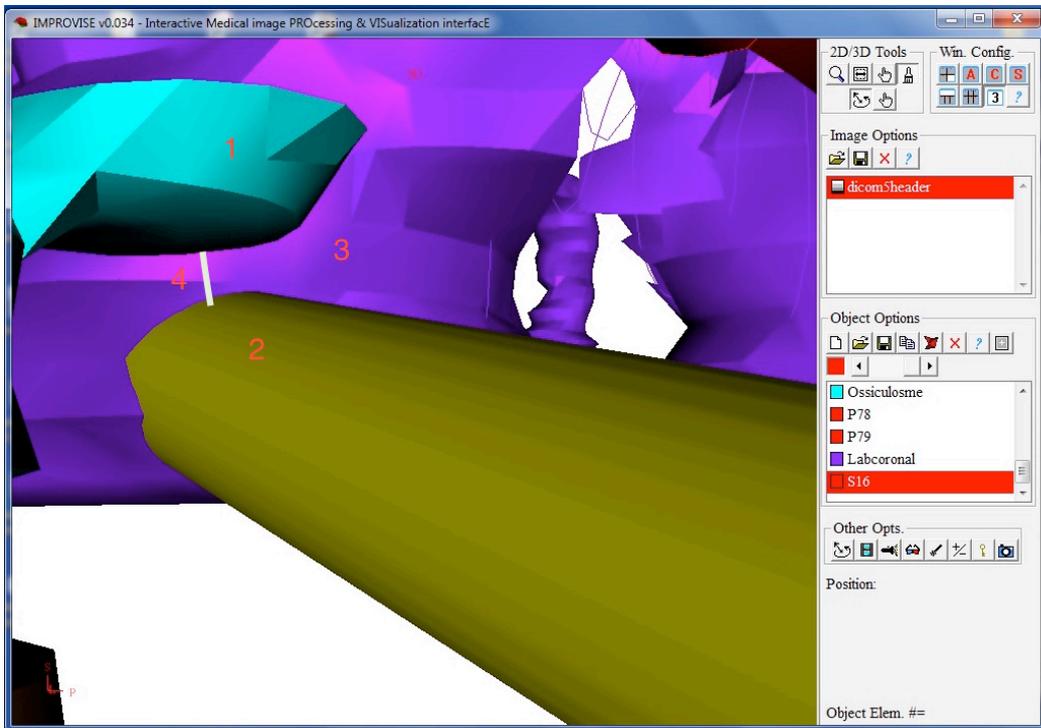


Figura 27: Menor distância entre a trajetória e a cadeia ossicular. 1- Estribo; 2- Trajetória; 3- Cóclea; 4- Distância entre a trajetória e o estribo.

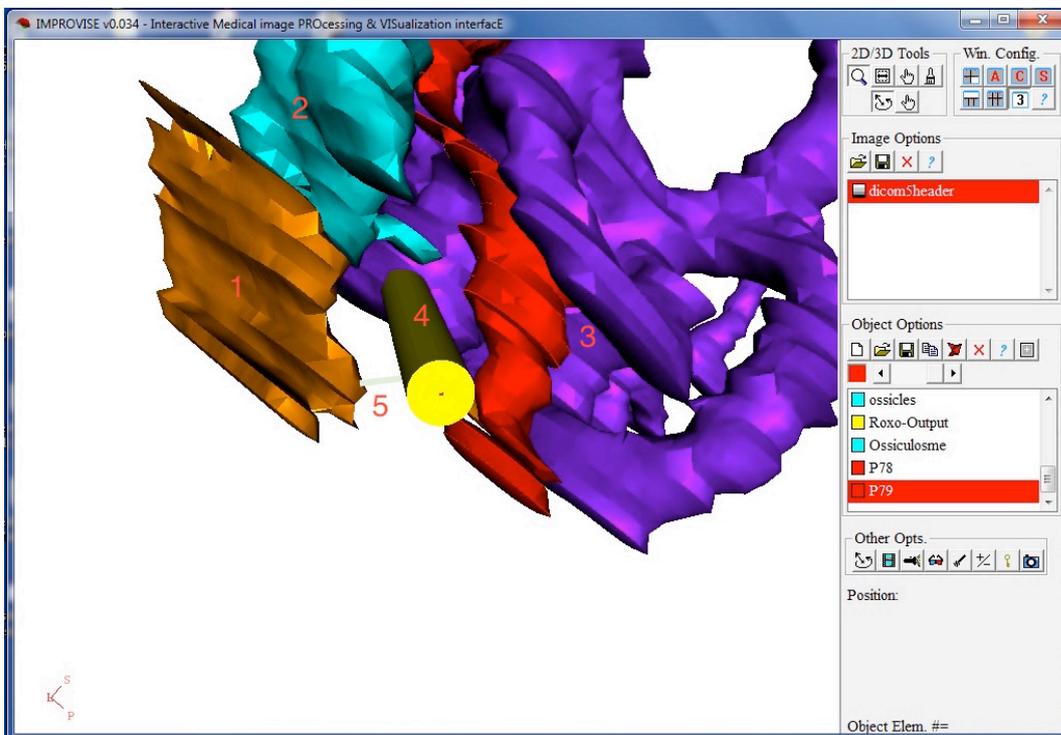


Figura 28: Menor distância entre a membrana timpânica e a trajetória. 1- Membrana timpânica; 2- Cadeia Ossicular; 3- Nervo Facial; 4- Trajetória; 5- Distância entre a trajetória e a membrana timpânica.

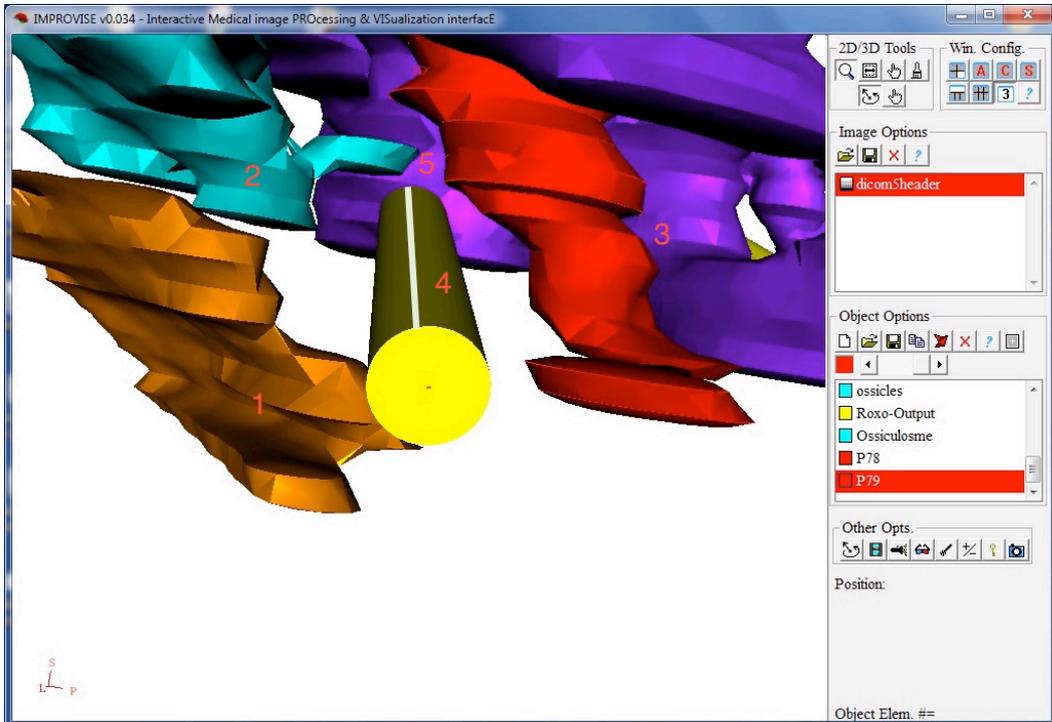


Figura 29: Distância entre a cortical do osso temporal e a escala timpânica. 1- Membrana Timpânica; 2- Cadeia Ossicular; 3- Nervo Facial; 4- Distância entre a cortical do osso temporal e a escala timpânica; 5- Cóclea.

#### 4.4 Estatística

O estudo estatístico consistiu em análise de variáveis quantitativas e qualitativas, utilizando o programa Excel, versão 14.1 para Mac, para análise estatística.

Foram consideradas as variáveis de estudo: nervo facial, cadeia ossicular, membrana timpânica, cóclea (escala timpânica), labirinto e a trajetória. Os dados foram catalogados em arquivos individuais, contendo a identificação da imagem correspondente a cada peça anatômica.

Foram calculados o desvio padrão, a média e a mediana das distâncias entre a trajetória e o nervo facial; entre a trajetória e a cadeia ossicular e, entre a trajetória e a membrana timpânica. As medidas foram bilaterais. Para definição da trajetória, levou-se em

consideração as estruturas anatômicas ao redor do curso simulado, entre a cortical do osso temporal e a escala timpânica. Foi também, realizado teste *t* para amostras em pares.

## **5 RESULTADOS**

## 5 RESULTADOS

Foram avaliadas imagens tomográficas das mastoides de nove espécimes de natimortos, que preencheram os critérios de inclusão. Os dados obtidos foram transferidos para tabela Excel, onde foram calculados a média, mediana e o desvio padrão.

**Tabela 1- Distância entre a trajetória da broca e as estruturas da orelha média - VU - 2016**

<b>N=18</b>	<b>NF</b>	<b>CO</b>	<b>MT</b>	<b>Traj</b>
1	0.99	0.86	1.06	5.92
2	1.06	0.38	1.18	6.58
3	1.16	1.01	1.55	9.01
4	1.55	0.95	1.64	8.28
5	1.71	0.85	1.96	8.41
6	0.67	0.64	1.42	8
7	1.06	1.49	1.03	9.55
8	0.99	1.42	1.79	11.34
9	1.64	0.75	1.06	12.65
10	1.24	1.29	0.85	6.68
11	0.99	1.01	1.35	6.37
12	1.35	0.94	0.89	8.07
13	1.02	0.78	1.23	8.89
14	1.23	0.66	1.32	8.98
15	0.58	0.75	0.55	7.81
16	1.24	0.85	0.87	10.44
17	1.11	1.47	1.64	11.34
18	1.49	1.12	1.29	12.35

NF- nervo facial; CO-cadeia ossicular; MT- membrana timpânica; TRAJ- trajetória da cortical do osso temporal à cóclea.

**Tabela 2- Média, mediana e desvio padrão dos valores aferidos no lado direito - VU - 2016**

	NF	CO	MT	TRAJ
<b>Média</b>	<b>1.2</b>	<b>0.92</b>	<b>1.41</b>	<b>8.86</b>
<b>Mediana</b>	<b>0.35</b>	<b>0.35</b>	<b>0.34</b>	<b>2.12</b>
<b>Desvio Padrão</b>	<b>1.06</b>	<b>0.86</b>	<b>1.42</b>	<b>8.41</b>

NF- nervo facial; CO- cadeia ossicular; MT- membrana timpânica; TRAJ- trajetória.

**Tabela 3- Média, mediana e desvio padrão dos valores aferidos no lado esquerdo - VU - 2016**

<b>Esquerda</b>	NF	CO	MT	TRAJ
<b>Média</b>	<b>1.13</b>	<b>0.98</b>	<b>1.11</b>	<b>8.99</b>
<b>Mediana</b>	<b>1.23</b>	<b>0.94</b>	<b>1.23</b>	<b>8.89</b>
<b>Desvio Padrão</b>	<b>0.26</b>	<b>0.26</b>	<b>0.33</b>	<b>2.04</b>

NF- nervo facial; CO- cadeia ossicular; MT- membrana timpânica; TRAJ- trajetória.

Foi realizado teste *t* para amostras pareadas que identificou uma diferença significativa da orelha direita para esquerda, ao avaliarmos a distância entre a trajetória da broca e a membrana timpânica.

Tabela 4: Estatística das amostras pareadas

		Paired Samples Statistics			
		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	FND	1,2033	9	,35107	,11702
	FNE	1,1389	9	,26127	,08709
Pair 2	OCD	,9278	9	,35192	,11731
	OCE	,9856	9	,26698	,08899
Pair 3	TMD	1,4100	9	,34673	,11558
	TME	1,1100	9	,33849	,11283
Pair 4	TRAJD	8,8600	9	2,12525	,70842
	TRAJE	8,9922	9	2,04218	,68073

		Paired Samples Correlations		
		N	Correlation	Sig.
Pair 1	FND & FNE	9	,598	,089
Pair 2	OCD & OCE	9	,252	,514
Pair 3	TMD & TME	9	,396	,291
Pair 4	TRAJD & TRAJE	9	,958	,000

Tabela 5: Correlação das amostras pareadas

## 6 Discussão

## 6 DISCUSSÃO

Apresentamos uma abordagem minimamente invasiva, guiada por imagem para acessar à cóclea em pacientes pediátricos submetidos ao implante coclear. Essa abordagem envolve brocar uma trajetória linear estreita, da cortical do osso temporal até a cóclea sem lesar estruturas adjacentes como nervo facial, cadeia ossicular e membrana timpânica.

O estudo tomográfico é uma etapa essencial para o implante coclear percutâneo, com ele é possível determinar a menor e mais segura trajetória da broca à escala timpânica. Alterações no posicionamento e angulações da cóclea ocorrem durante o crescimento craniano, principalmente nas porções timpânica e mastoidea e, na porção escamosa do osso temporal (Kronenberg, 2006).

Pouco se sabe sobre as medidas entre as estruturas da orelha média nessa faixa etária. Balachandan et al. em 2014, estudaram treze pacientes entre 1.5 e 8 anos de idade que seriam submetidos ao implante coclear percutâneo. Para confirmar que a trajetória era segura, os pacientes foram submetidos ao planejamento cirúrgico tomográfico, seguido de mastoidectomia convencional e, pouco antes da cocleostomia, o quadro microesterotático era acoplado aos marcadores fiduciais de maneira a provar a segurança da trajetória. Em todos os treze pacientes, foi possível planejar uma trajetória linear da porção lateral do crânio até a cóclea através do recesso do facial, evitando ambos o nervo facial e o corda do tímpano. Medidas da menor distância entre o raio da broca até o nervo facial e o corda do tímpano foram aferidas, obtendo uma média de 1.1 até o nervo facial e, 1.2 para o corda do tímpano, com desvio padrão de 0.3 e 0.5, respectivamente.

Valores similares foram obtidos em nosso estudo. Observamos que a média da menor distância do nervo facial até a trajetória, na orelha direita foi de 1.2 e o desvio padrão de 1.06. Na orelha esquerda, obtivemos 1.13 para média e 0.26 de desvio padrão. Não encontramos na literatura estudos onde foram aferidas as menores distâncias da broca até a cadeia ossicular e até da membrana timpânica. Porém, tendo como base de raciocínio os valores encontrados no estudo previamente descrito, podemos supor que os valores das distâncias seriam similares caso fossem aferidos. Pela análise das imagens, ficou claro que com 32 semanas, o feto já apresenta uma cavidade média que permite a realização do implante coclear. Quando um estudo prospectivo que tem como resultado a confirmação da segurança para executar a técnica percutânea, apresenta resultados semelhantes aos achados em nosso estudo, podemos inferir que é seguro utilizar a técnica percutânea a partir de 32 semanas.

Ao realizarmos o teste *t* pareado nos achados dos resultados, observamos uma diferença significativa na distância entre a membrana timpânica e a trajetória quando comparado o lado direito com o esquerdo. Significando que a posição da membrana timpânica do lado direito não é a mesma do lado esquerdo. A membrana timpânica foi utilizada como referência devido à dificuldade de segmentação do nervo corda do tímpano. Valavanis em 1983 demonstrou que as alterações que acontecem durante o crescimento craniano nos primeiros 4 anos, são notados na porção mastoidea, na posição do forame estilomasdoideo e do nervo corda do tímpano, fato esse confirmado em 2006 por Kronenberg e 2009 por Cinamon. Inúmeros fatores, congênitos e adquiridos, podem ser responsáveis por assimetrias cranianas, porém, como toda preparação pré-operatória inclui o estudo individual da mastoide, essa assimetria não causa maiores transtornos à execução da técnica cirúrgica, visto que o planejamento da trajetória será previamente definido antes da cirurgia, desviando do nervo.

As distâncias medidas usando recursos do software *Improvise*, mostram que a trajetória obtida usando o estudo tomográfico permaneceu distante mais de 1mm das estruturas da orelha média que foram analisadas (nervo facial, membrana timpânica e cadeia ossicular), permitindo o acesso à escala timpânica sem lesões.

Com relação ao tempo cirúrgico e conseqüentemente o anestésico, a técnica percutânea se mostrou viável, como descreveu Balachandran et al., 2014. Como já mencionado, para realização da técnica percutânea é necessário a realização da segmentação das imagens tomográficas da mastoide para planejamento da trajetória, seguido do implante dos marcadores fiduciais, tomografia intra-operatória, planejamento intra-operatório do trajeto, fabricação do quadro micrestereotático e execução da brocagem. A princípio imagina-se que todos esses passos podem causar atrasos desnecessários no ato operatório, o que levaria a um maior tempo anestésico com conseqüente aumento de risco para o paciente. No entanto, foi observado que o tempo anestésico não foi significativamente aumentado ao se optar pela técnica percutânea.

Levando em consideração as diferenças anatômicas do osso temporal existentes entre crianças e adultos, uma opção cirúrgica onde é possível determinar um trajeto seguro para realização do implante coclear, deve sempre ser considerada. Durante a análise tomográfica, observamos outras alterações mais relevantes do que as já descritas na literatura a respeito da anatomia da mastoide, como por exemplo, a diferença de tamanho do diâmetro dos canais semicirculares e o ângulo entre a espira basal da cóclea, que serão tema para um novo estudo.

As implicações clínicas da espessura da cóclea e da angulação da primeira e segunda espiras da cóclea, foram demonstradas por Martinez-Monedero et al, 2011.. A espessura da cóclea e o ângulo entre a primeira e a segunda espiras podem levar a ponta do implante a se chocar com a parede externa, levando à laceração da membrana basilar e causando migração da matriz celular para fora da escala timpânica. Um ângulo maior entre a primeira e a segunda espira pode, presumivelmente, variar a direção da inserção de menor resistência, resultando potencialmente, em uma direção errada da ponta do implante causando a lesão traumática da membrana basilar. Dessa forma, um estudo prévio da trajetória da broca e da inserção do eletrodo, contribui de forma importante para a redução do trauma à membrana basilar. Um dos fatores que facilitam o acesso à espira basal da cóclea é a angulação da mesma com a base do crânio, descrito como o ângulo entre a linha que passa através do eixo da espira basal com a linha médio sagital. Quando a cóclea está orientada à um ângulo maior da linha médio sagital, como observado em recém-nascidos, pode ser necessário modificar a trajetória para evitar o impacto da inserção do eletrodo na membrana basal durante o implante. Para isso, é necessário uma maior abertura do aspecto lateral do recesso do facial e uma trajetória de inserção mais medial (Martinez-Monedero et al., 2011).

O fato de não ser possível um diagnóstico preciso de surdez nessa faixa etária e, a necessidade de desenvolvimento de materiais cirúrgicos delicados para o posicionamento estável do guia de broca, torna inviável a execução de tal técnica cirúrgica no momento. No entanto, com o rápido desenvolvimento tecnológico observado na atualidade, em breve, a cirurgia de implante coclear logo após o nascimento poderá ser uma realidade. Assim, a compreensão da anatomia cirúrgica nessa faixa etária torna-se importante contribuição para que esse futuro chegue mais rapidamente.

## 7 Conclusões

## **7 CONCLUSÕES**

As medidas da relação, entre a broca e as estruturas anatômicas da orelha média (nervo facial, cadeia ossicular e membrana timpânica) e a simulação da trajetória entre a cortical do osso temporal e a escala timpânica, mostraram que é possível executar com segurança a técnica de implante coclear percutâneo em crianças a partir de 32 semanas.

## 8 Referências

## 8 REFERÊNCIAS

1. Aage MR. Hearing: Anatomy, Physiology, and disorders of the auditory system. 2 ed. San Diego, CA: Elsevier Inc.; 2006.
2. Achiques MT, Morant A, Munoz N, et al. [Cochlear implant complications and failures]. *Acta Otorrinolaringol Esp* 2010;61:412-7.
3. A.Valavanis SKaLO. Exploration of the facial Nerve Canal by High- Resolution Computed Tomography: Anatomy and Pathology. *Neuroradiology* 1983; 24:139-147.
4. Balachandran R. Minimally-invasive, image-guided cochlear implantation for pediatric patients- clinical feasibility study. *Otolaryngology Head Neck Surg.* 2014 April ;150(4): 631–637.
5. Balachandran R, Blachon G, Noble JH, Dawant BM, Fitzpatrick M, Labadie RF. Percutaneous cochlear implant drilling via customized frames: An in vitro study. *Otolaryngol Head Neck Surg* 2010:421-6.
6. Baraky LR. Prevalência de surdez incapacitante no município de Juiz de Fora, Minas Gerais, Brasil. Sao Paulo: Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo; 2011.
7. Bento R.F. Introdução. In: Ricardo Ferreira Bento, Luiz Rodolpho Penna Lima Junior, Robinson Koji Tsuji, Maria Valéria Schmidt Goffi-Gomez, Danielle do Valle Silva Penna Lima e Rubens de Brito Neto. *Tratado de Implante Coclear e Próteses Auditivas Implantáveis*. Rio de Janeiro. Thieme Publicações Ltda., 2014. p. XIX – XXIV.
8. Bento RF, Martins GSQ, Pinna MH. *Tratado de otologia*. 2 ed. São Paulo: Atheneu, 2013.
9. Bielamowicz SA CN, Jenkins HA, Igarashi M. . Surgical dimensions of the facial recess in adults and children. . *Arch Otol Rhinol Laryngol* 1988;114:534-7.
10. Brackmann S, Arriaga. *Otologic Surgery*. 3 ed. Philadelphia: Saunders; 2010.
11. Cinamon U. The growth rate and size of the mastoid air cell system and mastoid bone: a review and reference. *Eur Arch Otorhinolaryngol* 2009; 266:781-186.
12. Cohen NL. Cochlear implant soft surgery: fact or fantasy? *Otolaryngol Head Neck Surg* 1997;117:214-6.
13. Deshpande AK, Tan L, Lu LJ, Altayer M, Holland SK. fMRI as a Preimplant Objective Tool to Predict Postimplant Oral Language Outcomes in Children With Cochlear Implants. *Ear Hearinf Journal*. 2015 Dec 18.

14. Evangelos NMDKF. et al. Radiologic Evaluation of the Ear Anatomy in Pediatric Cholesteatoma. *The Journal of Craniofacial Surgery* 2009; 20:807-810.
15. Fayad JN, Wanna GB, Micheletto JN, Parisier SC. Facial nerve paralysis following cochlear implant surgery. *Laryngoscope* 2003;113:1344-6.
16. Jahanbakhsh Hashemi MR, Lida Rezayani, Aria Bahadori. Temporal Bone Measurements; A comparison between Rendered Spiral CT and Surgery. *Iran J Radiol* 2014; August 11:e9400.
17. J. Douglas Swartz SF, BS; Cuneyt M. Alper, William J. Doyle. A cross-Sectional Study of the Change in Mastoid Geometry With Age in Children Without a History of Otitis Media. *The Laryngoscope* 2012; 12:649-653.
18. Kronenberg LMaJ. Radiology of the Petromastoid Canal. *Otology & Neurotology* 2006:410-413.
19. Labadie RF NJ, Dawant BM, Balanchandran R, Majdani O, Fitzpatrick JM. Clinical Validation of percutaneous cochlear implant surgery: initial report. *Laryngoscope* 2008:10319.
20. Litton WB KC, Anson BA, et al. The relationship of the facial canal to the annular sulcus. *Laryngoscope* 1969:1584-604.
21. Lloyd SKW KA, Kenway B, et al. . Developmental changes in cochlear orientation—implications for cochlear implantation. *Otol Neurotol* 2010:902-7.
22. Lorch M TS. Facial nerve palsy: etiology and approach to diagnosis and treatment. *Pediatrics Emergency Care* 2010;26:763-9.
23. Majdani O, Schurzig D, Hussong A, Rau T, Wittkof J, Lenarz T, Labadie RF. Force measurement of cochlear implant electrode arrays in vitro: comparison of surgeon to automated insertion tool. *Acta Otolaryngol.* 2010; 130(1):31-6.
24. Moberly AC, Lowenstein JH, Nittrouer S. Early Bimodal Stimulation Benefits Language Acquisition for Children With Cochlear Implants. *Otology Neurotology.* 2016 Jan; 37(1): 24-30.
25. Moore BCJ. Cochlear Hearing loss Physiological, Psychological abd Technical Issues. 2 ed. West Sussex England: John Wiley & Sons, Ltd; 2007.
26. Noble JH WF, Labadie RF, et al. Determination of drill paths for percutaneous cochlear access accounting for target positioning error. *Proceedings of SPIE* 2007:6509:650925.1-25.10.

27. Wanna GB, Balachandran R, Majdani O, Mitchell J, Labadie RF. Percutaneous access to the petrous apex in vitro using customized micro-stereotactic frames based on image-guided surgical technology. *Acta Otolaryngol* 2010:458-63.
28. Warren F BR, Fitzpatrick J, Labadie RF. Percutaneous cochlear access using bone-mounted, customized drill guides: demonstration of concept in vitro. *Otol Neurotol* 2007:325-9.
29. Wei BP, Shepherd RK, Robins-Browne RM, Clark GM, O'Leary S. Threshold shift: effects of cochlear implantation on the risk of pneumococcal meningitis. *Otolaryngol Head Neck Surg* 2007;136:589-96.
30. Weiglein A. Postnatal development of the facial canal: An investigation based on cadaver dissections and computed tomography. *Surg Radiol Anat* 1996: 115.123.