

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
OTÁVIO PEREIRA LIMA ZANINI

TOMOGRAFIA AXIAL COMPUTADORIZADA DE ALTA RESOLUÇÃO E
AUDIOMETRIA TONAL NA OTOSCLEROSE

CURITIBA

2022

OTÁVIO PEREIRA LIMA ZANINI

TOMOGRAFIA AXIAL COMPUTADORIZADA DE ALTA RESOLUÇÃO E
AUDIOMETRIA TONAL NA OTOSCLEROSE

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Clínica Cirúrgica, Setor de Ciências da Saúde, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Clínica Cirúrgica.

Orientador: Prof. Dr. Rogério Hamerschmidt

CURITIBA

2022

Z31 Zanini, Otávio Pereira Lima
Tomografia axial computadorizada de alta resolução e audiometria tonal na otosclerose [recurso eletrônico] / Otávio Pereira Lima Zanini. – Curitiba, 2022.

Dissertação (mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Clínica Cirúrgica. Setor de Ciências da Saúde. Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Rogério Hamerschmidt

1. Otosclerose. 2. Audiometria de tons puros. 3. Tomografia computadorizada. I. Hamerschmidt, Rogério. II. Programa de Pós-Graduação em Clínica Cirúrgica. Setor de Ciências da Saúde. Universidade Federal do Paraná. III. Título.

NLMC: W V 265

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELO SISTEMA DE BIBLIOTECAS/UFPR
BIBLIOTECA DE CIÊNCIAS DA SAÚDE. BIBLIOTECÁRIA: RAQUEL PINHEIRO COSTA
JORDÃO CRB 8/981



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SETOR DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO MEDICINA (CLÍNICA
CIRÚRGICA) - 40001016018P0

TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação MEDICINA (CLÍNICA CIRÚRGICA) da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da Dissertação de Mestrado de OTÁVIO PEREIRA LIMA ZANINI intitulada: TOMOGRAFIA AXIAL COMPUTADORIZADA DE ALTA RESOLUÇÃO E AUDIOMETRIA TONAL NA OTOSCLEROSE, sob orientação do Prof. Dr. ROGÉRIO HAMERSCHMIDT, que após terem inquirido o aluno e realizada a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua aprovação no rito de defesa. A outorga do título de mestre está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

CURITIBA, 10 de Agosto de 2022.

ROGÉRIO HAMERSCHMIDT
Presidente da Banca Examinadora

GUILHERME SIMAS DO AMARAL CATANI
Avaliador Externo (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

JOSE FERNANDO POLANSKI
Avaliador Externo (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

À minha amada grande família, que tanto admiro, pelo auxílio
contínuo em fomentar o estudo e o conhecimento.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu orientador Prof. Dr. Rogério Hamerschmidt, sem o qual este momento não seria possível, pelos conhecimentos repassados, experiência, dedicação e prontidão.

Agradeço ao coordenador do Programa de Pós-Graduação em Clínica Cirúrgica Prof. Dr. Jorge Eduardo Fouto Matias, por estimular a ciência e a pesquisa, auxiliando na formação de melhores profissionais.

Agradeço aos mestres que contribuíram e estimularam a minha formação na Otorrinolaringologia e na fascinante área da Otologia.

Agradeço à Profa. Dra. Mônica Nunes Lima, pela ajuda dedicada e pelo esmero em obter a melhor forma de relatar os dados desta pesquisa.

Agradeço ao Hospital Iguaçu de Curitiba® e ao Centro de Diagnóstico Avançado por Imagem (DAPI)®.

Agradeço ao Dr. Luiz Otávio de Mattos Coelho por compartilhar conhecimento e lucidez nos estudos radiológicos.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – código de financiamento 001.

*“Às vezes ouço passar o vento; e só de ouvir
o vento passar, vale a pena ter nascido”*

Fernando Pessoa

RESUMO

A otosclerose, uma osteodistrofia primária da cápsula ótica, é causa comum de perda auditiva em adultos. Apesar do conhecimento estabelecido quanto a fisiopatogenia da doença na indução de perda auditiva, não há consenso na literatura quanto à capacidade da tomografia computadorizada de alta resolução se correlacionar com os limiares auditivos na audiometria tonal. Este estudo visa avaliar a associação entre os achados tomográficos na fase espongiótica da otosclerose e a audiometria tonal. Foi realizado um estudo observacional, analítico, transversal e retrospectivo, com avaliação e comparação de dados audiométricos e achados tomográficos de otospongiose. Um total de 36 pacientes (57 orelhas) com diagnóstico confirmado cirurgicamente de fixação do estribo e achados tomográficos positivos para fase espongiótica da otosclerose foram incluídos na amostra. Analisaram-se os dados audiométricos de limiares de via aérea, via óssea e *gap* aero-ósseo, assim como os dados de imagem relativos ao diâmetro do foco otospongiótico e topografias acometidas, considerando *fissula ante fenestram* e contato dos focos com endósteo da orelha interna nos sítios do vestíbulo e espiras basal, média e apical da cóclea. Não houve correlação entre a maioria dos sítios acometidos por otospongiose e os limiares de via aérea, via óssea e *gap* aero-ósseo nas topografias estudadas. Não foi observada correlação entre o diâmetro do foco otospongiótico e o *gap* aero-ósseo. A análise dos dados de imagem na otosclerose, em casos com confirmação de focos espongióticos na tomografia computadorizada, não foi capaz de se correlacionar de forma relevante com os dados audiométricos de via aérea, via óssea e *gap* aero-ósseo.

Palavras-chave: otosclerose; otospongiose; tomografia axial computadorizada de alta resolução; audiometria tonal.

ABSTRACT

Otosclerosis, a primary osteodystrophy of the optic capsule, is a common cause of hearing loss in adults. Despite the established knowledge regarding the pathophysiology of the disease in the induction of hearing loss, there is no consensus in the literature regarding the ability of high-resolution computed tomography to correlate with hearing thresholds in pure tone audiometry. This study aims to evaluate the association between tomographic findings in the spongiotic phase of otosclerosis and pure tone audiometry. An observational, analytical, cross-sectional and retrospective study has been conducted, with evaluation and comparison of audiometric data and tomographic findings of otospongiosis. A total of 36 patients (57 ears) with surgically confirmed diagnosis of fixation of the stapes and positive tomographic findings for the spongiotic phase of otosclerosis were included in the sample. Pure-tone audiometry data for air conduction, bone conduction and air-bone gap were analyzed. Data from images were collected regarding the largest otospongiotic focus diameter and the affected topographies, considering the *fissula ante fenestram* and contact of the foci with the endosteum of the inner ear at the vestibule as well as the basal, middle and apical turns of the cochlea. There was no correlation between the majority of sites affected by otospongiosis and the thresholds on air-conduction, bone-conduction and aero-bone gap in the studied topographies. No correlation was observed between the diameter of the otospongiotic focus and the air-bone gap. The analysis of image data in otosclerosis, in cases with computed tomography confirmation of spongiotic foci, was not able to correlate in a relevant way with the audiometric data of the air-conduction, bone-conduction and air-bone gap.

Keywords: otosclerosis; otospongiosis; high resolution computed tomography scan; pure tone audiometry.

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 – TOPOGRAFIA DE IDENTIFICAÇÃO DOS FOCOS DE OTOSPONGIOSE.....	33
GRÁFICO 2 – DISTRIBUIÇÃO DE FREQUÊNCIA DO NÚMERO DE LOCAIS COM FOCOS OTOESPONGIÓTICOS, INDEPENDENTE DO ESTRIBO, NAS TOPOGRAFIAS ESTUDADAS.....	34
GRÁFICO 3 – PROBABILIDADE DE EXTENSÃO DO FOCO OTOSPONGIÓTICO DE ACORDO COM O DIÂMETRO DO FOCO	355
GRÁFICO 4 – CORRELAÇÃO ENTRE O DIÂMETRO DO FOCO OTOSPONGIÓTICO E A MÉDIA QUADRITONAL DA CONDUÇÃO AÉREA.....	366
GRÁFICO 5 – CORRELAÇÃO ENTRE A MÉDIA QUADRITONAL DO GAP AERO-ÓSSEO E O DIÂMETRO DO FOCO OTOSPONGIÓTICO	377
GRÁFICO 6 - AUDIOGRAMA POR VIA AÉREA, ÓSSEA E GAP AERO-ÓSSEO DE ACORDO COM AS ORELHAS DIREITA E ESQUERDA.....	388
GRÁFICO 7 – AUDIOGRAMA POR VIA AÉREA E POR VIA ÓSSEA DE ACORDO COM A PRESENÇA E AUSÊNCIA DE FOCO NA <i>FISSULA ANTE FENESTRAM</i> .399	
GRÁFICO 8 –AUDIOGRAMA POR VIA AÉREA E POR VIA ÓSSEA DE ACORDO COM A PRESENÇA E AUSÊNCIA DE FOCO NO ENDÓSTEO DO VESTÍBULO ...	40
GRÁFICO 9 –AUDIOGRAMA POR VIA AÉREA E POR VIA ÓSSEA DE ACORDO COM A PRESENÇA E AUSÊNCIA DE EXTENSÃO DO FOCO OTOSPONGIÓTICO PARA A ESPIRA BASAL.....	41
GRÁFICO 10 –AUDIOGRAMA POR VIA AÉREA E POR VIA ÓSSEA DE ACORDO COM A PRESENÇA E AUSÊNCIA DE EXTENSÃO DO FOCO OTOSPONGIÓTICO PARA A ESPIRA MÉDIA.....	42
GRÁFICO 11 – AUDIOGRAMA POR VIA AÉREA E POR VIA ÓSSEA DE ACORDO COM A PRESENÇA E AUSÊNCIA DE EXTENSÃO DO FOCO OTOSPONGIÓTICO PARA A ESPIRA APICAL	443
GRÁFICO 12 – GAP AERO-ÓSSEO COM OTOSPONGIOSE NA <i>FISSULA ANTE FENESTRAM</i> E VESTÍBULO	443

GRÁFICO 13 – GAP AERO-ÓSSEO COM OTOSPONGIOSE NA <i>FISSULA ANTE FENESTRAN</i> , VESTÍBULO E EXTENSÃO DO FOCO OTOSPONGIÓTICO PARA A ESPIRA BASAL.....	44
GRÁFICO 14 – GAP AERO-ÓSSEO COM OTOSPONGIOSE NA <i>FISSULA ANTE FENESTRAN</i> , VESTÍBULO E EXTENSÃO DO FOCO OTOSPONGIÓTICO PARA A ESPIRA BASAL E ESPIRA MÉDIA.....	44
GRÁFICO 15 – MÉDIA 0,5-4KHZ PARA VIA AÉREA, VIA ÓSSEA E GAP AERO-ÓSSEO DE ACORDO COM A OTOSPONGIOSE EM SUAS TOPOGRAFIAS MAIS FREQUENTES.....	45
GRÁFICO 16 – AUDIOGRAMA POR VIA AÉREA E POR VIA ÓSSEA DE ACORDO COM A EXTENSÃO PARA O ENDÓSTEO DA CÓCLEA.....	46

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – FOCO OTOSPONGIOTICO ACOMETENDO A <i>FISSULA ANTE FENESTRAM</i>	27
FIGURA 2 – CONTATO DO FOCO OTOSPONGIÓTICO COM ENDÓSTEO DO VESTÍBULO	28
FIGURA 3 – CONTATO DO FOCO OTOSPONGIÓTICO COM O ENDÓSTEO DA ESPIRA BASAL DA CÓCLEA.....	28
FIGURA 4 – CONTATO DO FOCO OTOSPONGIÓTICO COM O ENDÓSTEO DA ESPIRA MÉDIA DA CÓCLEA	29
FIGURA 5 – CONTATO DO FOCO OTOSPONGIÓTICO COM O ENDÓSTEO DA ESPIRA APICAL DA CÓCLEA.....	29
FIGURA 6 – AFERIÇÃO DO MAIOR DIÂMETRO DO FOCO OTOSPONGIÓTICO .	30

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - DISTRIBUIÇÃO E LOCALIZAÇÃO DOS FOCOS OTOSPONGIÓTICOS.....	34
TABELA 2 – DIÂMETRO DO FOCO OTOSPONGIÓTICO DE ACORDO COM A TOPOGRAFIA DO FOCO	35
TABELA 3 – CORRELAÇÃO ENTRE O DIÂMETRO DO FOCO OTOSPONGIÓTICO E AS MÉDIAS QUADRITONAIAS AÉREA, ÓSSEA E GAP AERO-ÓSSEO	36
TABELA 4 – ASSOCIAÇÃO TONOTÓPICA ENTRE A TOPOGRAFIA DO FOCO OTOSPONGIÓTICO E O DANO SENSORIAL	46

LISTA DE SIGLAS

EA	-	Espira Apical
EB	-	Espira Basal
EEC	-	Extensão para o Endósteo da Cóclea
EM	-	Espira Média
EV	-	Endósteo do Vestíbulo
FAF	-	<i>Fissula ante fenestram</i>
IIQ	-	Intervalo Interquartilico
PUCPR	-	Pontifícia Universidade Católica do Paraná
TACR	-	Tomografia Axial Computadorizada de Alta Resolução

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 OBJETIVOS	16
2 REVISÃO DE LITERATURA	17
2.1. OTOSCLEROSE	17
2.2 TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA DE ALTA RESOLUÇÃO NA OTOSCLEROSE.....	19
2.3 TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA DE ALTA RESOLUÇÃO E AUDIOMETRIA NA OTOSCLEROSE ...	21
3 PACIENTES E MÉTODOS	25
3.1 TIPO DE ESTUDO.....	25
3.2 HIPÓTESE DE ESTUDO	25
3.3 LOCAL E PERÍODO DO ESTUDO	25
3.4 POPULAÇÃO FONTE.....	25
3.5 CRITÉRIOS DE INCLUSÃO	25
3.6 CRITÉRIOS DE EXCLUSÃO.....	26
3.7 POPULAÇÃO DE ESTUDO E AMOSTRA	26
3.8 VARIÁVEIS DE ESTUDO	26
3.9 PROCEDIMENTOS DE ESTUDO	30
3.10 TABULAÇÃO E GERENCIAMENTO DE DADOS	31
3.11 ANÁLISE ESTATÍSTICA	31
3.12 ÉTICA EM PESQUISA	31
3.13 MONITORIZAÇÃO DA PESQUISA	32
3.14 FOMENTO PARA A PESQUISA, PROFISSIONAIS E SERVIÇOS ENVOLVIDOS	32
4 RESULTADOS.....	33
4.1 ASSOCIAÇÃO ENTRE OS DADOS AUDIOMÉTRICOS E TOPOGRAFIAS ACOMETIDAS NA TOMOGRAFIA AXIAL COMPUTADORIZADA.....	37
5 DISCUSSÃO	47
6 CONCLUSÃO	49
REFERÊNCIAS.....	50
ANEXO 1 – PARECER DO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA EM SERES HUMANOS DA PONTÍFICA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ	55
PRODUÇÃO ACADÊMICA - ARTIGO CIENTÍFICO PUBLICADO NA REVISTA THE JOURNAL OF LARYNGOLOGY AND OTOTOLOGY	60

1 INTRODUÇÃO

A otoesclerose é uma osteodistrofia focal primária da cápsula ótica que pode acometer regiões isoladas desta estrutura sem ocasionar nenhum sintoma. Entretanto, quando compromete a articulação estapédio-vestibular ou outros componentes neurossensoriais da orelha interna, pode causar perda auditiva (VICENTE *et al.*, 2004; ZHU *et al.*, 2010). A lesão otosclerótica é pleomórfica, ou seja, inicialmente é espongiótica, sendo depois substituída por tecido fibroso e finalmente esclerose (KAWASE *et al.*, 2006). A doença gera remodelamento ósseo desordenado envolvendo a cápsula ótica, comprometendo o funcionamento adequado do sistema auditivo (CROMPTON *et al.*, 2019).

Os focos de otosclerose localizam-se, com maior frequência, na porção anterior da janela oval ou *fissula ante fenestram* (FAF), seguidos da janela redonda, porção posterior da janela oval, platina, cóclea, canais semicirculares, ossículos e canal do facial (AMARO *et al.*, 2010).

A perda auditiva ocasionada pela otosclerose pode ser condutiva, mista ou puramente neurossensorial. Sua prevalência é estimada em 0,3% da população, predominando em caucasianos (DECLAU *et al.*, 2001; QUESNEL *et al.*, 2013).

O diagnóstico de otosclerose é presumido por meio de achados clínicos na história médica, exame físico e testes auditivos. No entanto, o diagnóstico final só é confirmado em intraoperatório com a constatação de fixação do estribo (VIRK; SINGH; LINGAM, 2013).

É uma doença que afeta predominantemente a raça branca e o sexo feminino com uma relação de 2:1, manifestando-se principalmente na 3ª e 4ª décadas de vida.

A Tomografia Axial Computadorizada de Alta Resolução (TACR), com janelas específicas para osso e cortes milimétricos, é o exame imagiológico de escolha, não só para definir os aspectos morfotopográficos e de atividade dos focos otospongióticos, mas também para o diagnóstico diferencial para outras doenças com manifestações clínicas semelhantes à otosclerose (VICENTE *et al.*, 2004; AMARO *et al.*, 2010; BERRETTINI *et al.*, 2010). Revela com precisão as lesões otoscleróticas ativas ou espongióticas, como focos hipodensos na cápsula ótica, podendo ser únicos, múltiplos ou confluentes, causados por desmineralização óssea (VICENTE *et al.*, 2004). Entretanto, apesar da boa correlação que existe entre as

alterações histológicas da doença e as vistas no exame de imagem, a TCAR ainda tem suas limitações, dado a inabilidade de detectar doença inativa, ou seja, na fase de esclerose, quando a densidade da lesão se assemelha à densidade normal da cápsula ótica (KAWASE *et al.*, 2006; WYCHERLY *et al.*, 2010).

Embora alguns estudos tenham sido conduzidos com a finalidade de correlacionar achados obtidos na TACR com dados audiométricos de pacientes com otospongiose, os resultados têm sido divergentes, não havendo consenso claro na literatura.

Estudos como o de Schuknecht (1979), Elonka e Applebaum (1981) não apontaram esta associação. Grayeli *et al.* (2004) e Naumann, Porcellimi e Fisch (2005) também não consideraram que esta associação de fato exista. Zhu *et al.*, em 2010, também não encontraram correlação entre a densitometria tomográfica de alta resolução e os resultados da audiometria, sugerindo que apenas diante de desmineralização acentuada esta associação ocorre.

Já outros autores como Parahy e Linthicum (1983), Damsma *et al.* (1984), Valvassori e Dobben (1985), Swartz *et al.* (1985), De Groot e Huizing (1987), Hueb *et al.* (1991) e Güneri *et al.*, em 1996, concluíram que focos otospongióticos são responsáveis por perda auditiva neurosensorial, com observação de associação entre sua localização e a audiometria tonal.

Shin *et al.*, em 2001 e Kiyomizu *et al.* (2004) também observaram que quanto maior o *gap* aero-ósseo maior a extensão da lesão otosclerótica, possivelmente devido à extensão da lesão para a janela oval.

Fraysse, em 2010, indicou que a perda auditiva neurosensorial está associada ao envolvimento do endósteo da cóclea ou da janela oval e Wycherly *et al.*, em 2010, e Marx *et al.*, em 2011, observaram que quanto maior o número de sítios otospongióticos, maior o *gap* aero-ósseo e maior a perda auditiva neurosensorial.

O estudo mais recente de Png *et al.* (2018), entretanto, não encontrou relação entre os achados tomográficos e associação entre os achados audiométricos.

Este estudo visa, assim, contribuir para a avaliação da associação entre a morfotopografia da otosclerose e a audiometria tonal.

1.1 OBJETIVOS

a) Objetivo principal

Avaliar se há associação entre os sítios otospongióticos identificados por TACR e a audiometria tonal.

b) Objetivos Específicos

- Caracterizar a população estudada de acordo com sexo, idade e lado acometido;
- Descrever os dados da TACR relacionados à otospongiose;
- Avaliar se há associação entre os sítios otospongióticos e seu diâmetro, observado em exame de TACR, e a média do *gap* aero-ósseo, obtido no exame de audiometria tonal.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1. OTOSCLEROSE

O estudo e conhecimento sobre a otosclerose já perfaz 3 séculos. Em 1704, o então professor de anatomia Antonio Maria Valsalva¹, atuando em Bolonha, na Itália, observou a fixação do estribo em uma dissecação *post mortem*, e a descreveu como causa de perda auditiva (VALSALVA, 1704 *apud* NAZARIAN; MCELVEEN; ESHRAGHI, 2018).

O termo “otosclerose” foi sugerido por Adam Politzer, em 1901, na tentativa de distinguir a doença das demais causas de fixação do estribo. Em seus estudos, descreveu esta entidade como uma doença primária da cápsula labiríntica óssea (POLITZER, 1913² *apud* MUDRY, 2006).

A otosclerose é uma doença óssea localizada que afeta apenas o osso endocondral da cápsula ótica em humanos. É uma causa comum de perda auditiva em adultos (QUESNEL *et al.*, 2013).

A prevalência da otosclerose sofre grandes variações. Quando analisados dados clínicos, está presente em 0,1-0,6% da população. No entanto, estudos histológicos *post mortem* encontraram prevalência de focos da doença de 2,5 a 11,7% (DECLAU *et al.*, 2001).

A idade de início dos sintomas é variável. A perda auditiva é mais comumente percebida na terceira década de vida, mas variações na idade de surgimento dos sintomas podem ocorrer da primeira à sexta década (CROMPTON *et al.*, 2019).

A otosclerose costuma afetar ambos os lados em 70 a 85% dos casos, na maioria das vezes de forma sequencial (HOUSE *et al.*, 2002; CROMPTON *et al.*, 2019).

A doença acomete predominantemente caucasianos, sendo relativamente rara entre negros, orientais e índios americanos (DECLAU *et al.*, 2001; ALTMAN; GLASGOLD; MACDUFF, 2015) e há manifestação mais frequente no sexo feminino, com uma relação 1,5-2:1, se comparado ao sexo masculino (VINCENT *et al.*, 2006; CROMPTON *et al.*, 2019).

¹ Valsalva AM. The human ear (Latin). Bononiae (Italy): C. Pisarri; 1704.

² Politzer A. Geschichte der Ohrenheilkunde, Band II. Stuttgart:Enke, 1913.

A gênese da otosclerose é complexa e pode estar relacionada a fatores de suscetibilidade ambientais e genéticos. Pode ocorrer em casos isolados sem história familiar (não-familiar) ou em casos com forte padrão de herança familiar, consistente com causa monogênica (CROMPTON *et al.*, 2019).

Como fatores ambientais, há possibilidade de influência de: estrogênios, fluoreto e infecções virais prévias, como fatores predisponentes à doença. Sob o ponto de vista genético, alguns pacientes apresentam padrões de herança autossômica dominante causada por um único gene. No entanto, muitos pacientes não pertencem a uma forma familiar ou não demonstram segregação mendeliana clara e representam, assim, uma forma complexa de interação entre ambiente e genética. Possivelmente, pela atuação na via do fator de transformação do crescimento beta 1, o mecanismo de inibição do remodelamento ósseo na estrutura da cápsula ótica é afetado (THYS; CAMP, 2009).

A evolução histopatológica da doença pode apresentar estágios distintos. Inicialmente o osso endocondral normal é desmineralizado e substituído por focos de tecido vascular irregular esponjoso (otospongiose). Subsequentemente, os focos diminuem sua vascularização e calcificam, formando tecido ósseo denso (otosclerose) (VIRK; SINGH; LINGAM, 2013; RUDIC *et al.*, 2015).

Em sua apresentação clínica e radiológica, os focos da doença podem causar perda auditiva condutiva, por interferir na movimentação do estribo na janela oval ou na membrana da janela redonda (RUDIC *et al.*, 2015).

Além de alterações na condução do som, a otosclerose pode afetar a capacidade sensorial da cóclea. Quando os focos da doença acometem o endóstio, geram deposição de material hialino no ligamento espiral, que pode causar perda auditiva neurossensorial. O metabolismo alterado nesta região pericoclear libera enzimas que têm possível ação de dano à cóclea (EALY; SMITH, 2011; QUESNEL *et al.*, 2013).

Os focos de otosclerose estão geralmente localizados anteriormente à janela oval na FAF e na platina do estribo (80%), na janela redonda (20%), na região pericoclear (21%) e na parte anterior do meato auditivo interno (19%) (ARNOLD, 2007).

Na apresentação clínica da doença, sintomas de perda auditiva condutiva são os mais comumente encontrados. O tratamento cirúrgico com estapedotomia é tido como uma das melhores alternativas de tratamento (RUDIC *et al.*, 2015).

O audiograma tem papel importante na avaliação da perda auditiva. O limiar de percepção do estímulo sonoro é caracterizado, utilizando-se meios de condução do som, tanto pela via aérea quanto por via óssea. São testados estímulos de diferentes frequências em hertz (Hz) e intensidades sonora em decibéis (dB) (BATSON; RIZZOLO, 2017).

A manifestação de perda auditiva na otosclerose pode estar associada a padrões audiométricos distintos, relacionados à fase e progressão da doença. A redução da mobilidade na região do estribo e janela oval pode gerar perda auditiva condutiva. A dificuldade de condução do som é percebida no audiograma por meio do *gap* aero-ósseo, que é a diferença dos valores obtidos na via aérea e via óssea (BATSON; RIZZOLO, 2017).

Em 10% dos pacientes, com a progressão da doença, a função coclear é afetada, gerando um padrão misto de perda auditiva com componente condutivo e neurosensorial. No audiograma, os limiares de via aérea e via óssea se apresentam alterados, mantendo o componente condutivo representado no *gap* aero-ósseo (EALY; SMITH, 2011; BATSON; RIZZOLO, 2017).

2.2 TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA DE ALTA RESOLUÇÃO NA OTOSCLEROSE

Desde a sua introdução na otologia, a TACR tem sido um instrumento bastante útil para o diagnóstico de otosclerose, com confiabilidade superior a 95% (LAGLEYRE *et al.*, 2009).

A TACR de ossos temporais pode ser útil na avaliação de pacientes com otosclerose. Corroborar a hipótese diagnóstica, avaliar a extensão da doença, ajudar no planejamento cirúrgico e definir diagnósticos diferenciais são possíveis aplicações. Alguns fatores prognósticos também podem ser estimados pelo exame (WEGNER *et al.*, 2016).

A fase de otospongiose é mais facilmente detectada no exame, uma vez que produz imagem radiológica de hipodensidade devido ao processo de desmineralização óssea. Por outro lado, a fase de otosclerose se torna visível apenas quando causa irregularidades ou espessamento importante na cápsula ótica, visto que a lesão esclerótica costuma ser isodensa em relação ao tecido ósseo normal (BERRETTINI *et al.*, 2010; WOLFOVITZ; LUNTZ, 2018).

As lesões otoscleróticas podem se originar nas regiões do labirinto ósseo, apresentando características radiológicas e clínicas de acordo com o sítio afetado, podendo ser classificadas como otosclerose fenestral e retrofenestral. Na maior parte dos casos (80% a 90%), a lesão ocorre no sítio fenestral, próxima à *fissula ante fenestram*, também denominada “área de predileção”, no ângulo formado entre a platina do estribo, o processo cocleariforme e o promontório. Esta deve ser, portanto, a principal região a se considerar no diagnóstico radiológico da otosclerose (GAIOTTI *et al.*, 2013).

Quando há obliteração desta janela é denominada otosclerose obliterativa, com incidência de 1% a 33%. Outro sítio comumente afetado é a borda da janela redonda, com incidência variando de 20% a 50%. Os focos retrofenestrais constituem aproximadamente 15% dos casos de otosclerose. Dentre estes, o que merece destaque é o envolvimento coclear, habitualmente simétrico e bilateral. Esses focos pericocleares podem ainda ser divididos em dois tipos: sem e com extensão para o endóstio da cóclea (EEC). A EEC ocorre, em geral, quando o foco está em íntimo contato com a camada endosteal da cóclea (GAIOTTI *et al.*, 2013).

O exame deve ser iniciado pela região anterior à janela oval, sítio mais acometido (*fissula ante fenestram*), com especial atenção para a platina do estribo e a possibilidade de otosclerose obliterativa. Em seguida, deve ser feita a avaliação da janela redonda, segundo sítio mais frequente. Posteriormente, devem ser pesquisados focos retrofenestrais, EEC e estudo de focos menos comuns (GAIOTTI *et al.*, 2013).

Os cortes axiais são importantes para a avaliação de otosclerose fenestral, enquanto a incidência coronal é útil para a detecção dos espessamentos e obliterações nas janelas redondas, nos focos no promontório e relacionados ao segmento timpânico do nervo facial (GAIOTTI *et al.*, 2013).

Existem diversas propostas de classificação da otosclerose coclear. Valvassori e Dobben propuseram, em 1985, um sistema de classificação com base na localização e progressão da doença. Shin *et al.*, em 2001, sugeriram a classificação em doença fenestral e pericoclear, com e sem extensão para o endóstio da cóclea (EEC). Veillon *et al.*, também em 2001, propuseram uma classificação tomodensitométrica dos focos da otosclerose variando de Ia) com espessura isolada da platina > 0,6 mm; Ib) hipodensidade pré-estapédica < 1 mm sem contato com o lúmen; II) hipodensidade pré-estapédica > 1 mm sem contato

com o lúmen coclear; III) hipodensidade > 1 mm em contato com o lúmen da cóclea, IVa) hipodensidade à frente, por baixo ou dentro do lúmen coclear e IVb) hipodensidade labiríntica ao redor do lúmen dos canais semicirculares ou em contato com a parte interna do vestíbulo.

Kiyomizu, em 2004, classificou a doença como: grau A) sem alterações patológicas na TACR; grau B1) desmineralização localizada na FAF; grau B2) extensão da desmineralização para o processo cocleariforme a partir da FAF; grau B3) extensão da desmineralização em torno da cóclea e grau C) calcificação anterior e posterior. Rotteveel *et al.*, também em 2004, descreveram a classificação em tipo 1) somente envolvimento da FAF; tipo 2) envolvimento coclear isolado ou associado à FAF e tipo 3) envolvimento coclear extenso.

Marshall *et al.* publicaram, em 2005, um sistema de classificação tomográfico da otosclerose considerando grau 1) lesão fenestral espongiótica ou esclerótica; grau 2) doença coclear com ou sem envolvimento da FAF, sendo 2A com envolvimento da espira basal, 2B com envolvimento da espira média ou apical; 2C com envolvimento das espiras cocleares e grau 3) envolvimento difuso da cápsula ótica. Este sistema foi avaliado por Lee *et al.*, em 2009, mostrando excelente grau de concordância intra e interobservador.

Apesar das classificações previamente descritas, não há consenso quanto ao melhor método de classificar as alterações tomográficas da otosclerose observadas na TACR.

2.3 TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA DE ALTA RESOLUÇÃO E AUDIOMETRIA NA OTOSCLEROSE

Um estudo realizado por Swartz *et al.* (1985) analisou 12 pacientes (20 orelhas) com perdas auditivas neurossensoriais ou mistas, tendo encontrado correlação tonotópica entre as áreas de desmineralização óssea pericoclear e a frequência em que a perda auditiva ocorrera no teste audiométrico. O estudo incluiu pacientes com diagnóstico presumido audiometricamente. Os autores citam a dificuldade na identificação das fases “maduras” da doença (fase esclerótica).

Vartiainen e Saari (1993) estudaram 40 pacientes (72 orelhas) em que o diagnóstico intraoperatório de fixação do estribo foi atestado. A maior parte da amostra (31 pacientes) havia feito o exame de TACR após a cirurgia do estribo.

Focos de desmineralização óssea (otospongiose) foram identificados em apenas 28 orelhas. Foram comparados grupos com ou sem evidência de desmineralização óssea quanto à média quadrática dos limiares auditivos de via óssea (0,5-4kHz) e não se observou diferença significativa entre estas variáveis. A análise da topografia dos focos de otospongiose não foi considerada no protocolo do estudo, que utilizou exames de TACR com cortes de 1.0 mm de espessura.

Outra pesquisa analisou especificamente pacientes com otosclerose fenestral e *gap* aero-ósseo médio > 25dB. Foram incluídos 60 pacientes (120 orelhas) com indicação de cirurgia para otosclerose e perdas auditivas condutivas ou mistas, excluindo pacientes com perdas puramente neurosensoriais ou com focos de desmineralização óssea distantes das janelas oval ou redonda (independente da audiometria). Foram analisados aspectos de morfologia do foco e densitometria observados na TACR e não foram encontradas diferenças significativas entre morfologia dos focos e a intensidade da hipoacusia de transmissão (*gap* aero-ósseo). No entanto, valores densitométricos < 40% do foco em relação ao valor médio capsular (definidos como focos em “atividade” pelos autores) estiveram associados às perdas auditivas mistas. Nestas, houve limiares de via óssea alterados, sugerindo maior propensão a ter o componente de perda neurosensorial (MAURICIO *et al.*, 1995).

Güneri *et al.* (1996) estudaram 25 pacientes com 31 orelhas acometidas por otosclerose (22 confirmadas cirurgicamente e 9 com suspeita clínica de otosclerose coclear), comparando com 7 pacientes em grupo controle (14 orelhas). Foram analisados aspectos densitométricos e topográficos dos focos observados na TACR, além dos dados audiométricos. A identificação visual de focos radiolúcentes (espongióticos) demonstrou associação estatisticamente significativa com piores resultados na média de limiares auditivos de via óssea (componente neurosensorial da perda auditiva). Encontrou-se, também, associação entre densitometrias alteradas em regiões pericocleares específicas que correspondiam topograficamente às frequências auditivas rebaixadas nos limiares de via óssea.

Shin *et al.* (2001) analisaram retrospectivamente 386 pacientes com diagnóstico de otosclerose confirmado em intraoperatório, totalizando 437 orelhas acometidas pela doença. Os casos foram divididos em grupos, conforme a extensão de focos hipodensos acometendo ou não a região pericoclear e o endóstio da cóclea. Identificaram associação estatisticamente significativa entre o grau de perda

auditiva neurossensorial e o grau de EEC. Observaram, inclusive, correlação entre a extensão da lesão na TACR e o tamanho do *gap* aero-ósseo.

Kiyomizu *et al.* (2004) analisaram retrospectivamente os exames de 44 pacientes (82 orelhas) com otosclerose confirmada cirurgicamente. Os pacientes foram divididos em grupos conforme o grau de EEC. Encontraram associação entre o grau de extensão da doença estimado pela TACR e alguns dados audiométricos.

Grayeli *et al.* (2004) estudando a densidade óssea na região da FAF na TACR de 10 pacientes com otosclerose, verificaram correlação entre o grau de hipodensidade na FAF e as médias audiométricas de via aérea, via óssea e *gap* aero-ósseo.

Em outro estudo, de Naumann, Porcelini e Fisch (2005) foram analisados os exames de TACR com cortes de 0,5 mm, em 30 pacientes (44 orelhas) supostamente acometidos por otosclerose. Os casos foram divididos em grupos, conforme o tamanho do foco e grau de EEC. Foi encontrada associação estatisticamente significativa entre o tamanho do foco otosclerótico e o componente condutivo da perda auditiva (*gap* aero-ósseo), porém, não foi observado o mesmo quando comparada a EEC e o grau de perda auditiva neurossensorial.

Kawase *et al.* (2006) fizeram uma análise de densitometria em algumas regiões da cápsula ótica de 17 pacientes (24 orelhas) com diagnóstico presuntivo de otosclerose. Encontraram correlação linear entre hipodensidade em regiões ao redor da cóclea e intensidade de perda auditiva na via óssea.

Lagleyre *et al.* (2009) estudaram 200 pacientes (209 orelhas) com diagnóstico presuntivo de otosclerose para avaliar o grau de confiabilidade da TACR no diagnóstico de otosclerose. Dentre outras análises, os autores descreveram que foi encontrada associação significativa entre a EEC e menores valores nos limiares audiométricos de via óssea.

Outro estudo avaliou 34 pacientes (34 orelhas) com diagnóstico confirmado de otosclerose em intraoperatório. Menores valores de densidade observados na densitometria da região posterior da janela oval foram linearmente correlacionados com maiores médias de limiares auditivos de via aérea e de *gap* aero-ósseo (ZHU *et al.*, 2010).

Wycherly *et al.* (2010) compararam o número de locais acometidos por foco otospongiótico com dados audiométricos de 18 pacientes (34 orelhas) com diagnóstico presumido de otosclerose. Os autores encontraram correlação

significativa entre maior número de locais acometidos e maiores valores na média do *gap* aero-ósseo, assim como na média dos limiares de via óssea.

Min *et al.* (2010) avaliaram 31 pacientes (37 orelhas) com diagnóstico de otosclerose confirmado em intraoperatório. Não foi encontrada correlação entre densidade ou tamanho dos focos otospongióticos, quando comparados às médias de limiares de via aérea, via óssea ou *gap* aero-ósseo.

Marx *et al.* (2011), analisando retrospectivamente 200 casos com suspeita de otosclerose e indicação de cirurgia, dividiram-os em três grupos, conforme achados tomográficos, em ausência de foco de otosclerose, presença isolada do foco na região fenestral ou doença extensiva a demais regiões pericocleares. Os autores encontraram associação significativa entre a presença de otosclerose extensiva e piores resultados nas médias dos limiares de via aérea, via óssea e *gap* aero-ósseo.

Uma revisão retrospectiva de 57 pacientes (114 orelhas), em que a cirurgia de estapedectomia foi executada em um dos lados, comparou os dados tomográficos, audiométricos e histológicos relacionados à doença. Não se encontrou associação significativa entre achados tomográficos e as médias de *gap* aero-ósseo. Apenas no grupo de pacientes com otosclerose inativa histologicamente (fase esclerótica) foi encontrada associação entre o grau de extensão da doença e piores médias nos limiares de via óssea (KAROSI; CSOMOR; SZIKLAI, 2012).

Dudau *et al.* (2017) revisaram retrospectivamente 259 casos com exames tomográficos realizados por suspeita de otosclerose. O estudo não encontrou associação entre topografias isoladas acometidas por otosclerose e dados audiométricos. No entanto, quando analisados os casos com múltiplas topografias de acometimento simultâneo, em especial quando acometidos endósteo e janela redonda, algumas associações entre os dados audiométricos e tomográficos foram identificadas.

No seu estudo retrospectivo, realizado em população não endêmica para otosclerose, Png *et al.* (2018) não identificaram correlação significativa entre a densitometria dos focos observados na TACR e a média dos limiares audiométricos de via aérea, via óssea e *gap* aero-ósseo.

3 PACIENTES E MÉTODOS

3.1 TIPO DE ESTUDO

Trata-se de estudo observacional, analítico, transversal e retrospectivo da avaliação e comparação de dados audiométricos e de imagens obtidas por TACR do osso temporal.

3.2 HIPÓTESE DE ESTUDO

Considerando a natureza associativa dos estudos transversais, a variável otosclerose foi posicionada como variável independente e as variáveis audiometria tonal e TACR de osso temporal como variáveis dependentes, constituindo assim a seguinte hipótese de estudo:

H0: Não existe correlação entre as alterações de audiometria tonal e de medidas da orelha interna na TACR na otosclerose;

H1: Otosclerose determina alterações de audiometria tonal e de medidas da orelha interna na TACR, que se correlacionam.

3.3 LOCAL E PERÍODO DO ESTUDO

O estudo foi conduzido no Programa de Pós-graduação em Clínica Cirúrgica da Universidade Federal do Paraná e os dados foram coletados de prontuários de pacientes atendidos no Hospital Iguaçu®, em Curitiba – Paraná, no período de 2010 à 2018.

3.4 POPULAÇÃO FONTE

Os pacientes incluídos no estudo foram atendidos no Hospital Iguaçu®, que atende cerca de 10.000 pacientes ao ano.

3.5 CRITÉRIOS DE INCLUSÃO

Foram considerados como critérios de inclusão:

- a) Pacientes submetidos à cirurgia de estapedotomia que realizaram audiograma tonal e TACR do osso temporal na avaliação pré-operatória;
- b) Audiograma com aferição dos limiares de via aérea e via óssea;
- c) Achados tomográficos com presença confirmada de focos otospongióticos.

3.6 CRITÉRIOS DE EXCLUSÃO

Foram excluídos da amostra pacientes que realizaram os exames audiométricos ou tomográficos em outros centros diagnósticos distintos dos propostos no estudo.

3.7 POPULAÇÃO DE ESTUDO E AMOSTRA

De acordo com os critérios de inclusão e exclusão, constituíram a amostra do estudo 36 pacientes com otospongiose confirmada no ato cirúrgico de estapedotomia.

3.8 VARIÁVEIS DE ESTUDO

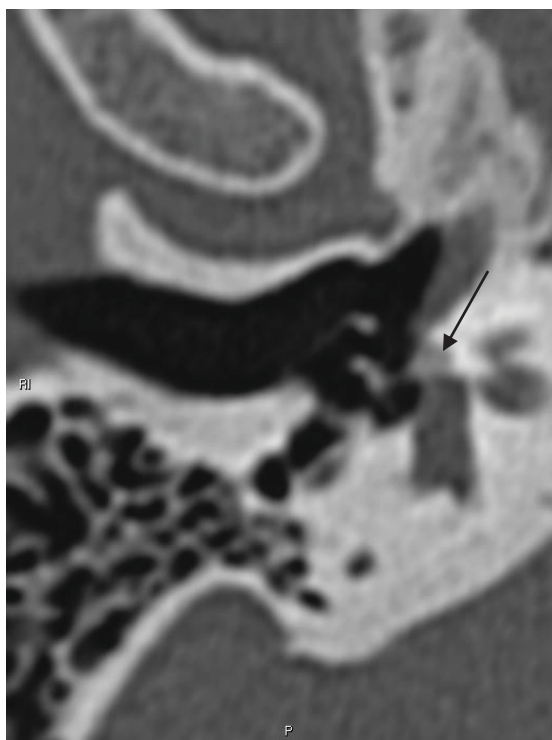
As variáveis de estudo incluíram:

- a) Dados demográficos: idade, sexo e lado acometido;
- b) Audiometria tonal: coletou-se os dados do audiograma por via aérea, via óssea e o *gap* aero-ósseo nas frequências de 0,5kHz, 1kHz, 2kHz e 4kHz. Foram pesquisados os limiares mínimos para detecção de tons puros e registrados em audiograma. Nos testes de via aérea, foram aferidos os limiares audiométricos para frequências de 0,25kHz, 0,5kHz, 1kHz, 2kHz, 3kHz, 4kHz, 6kHz e 8kHz. Nos testes de via óssea, foram aferidos os limiares em 0,5kHz, 1kHz, 2kHz, 3kHz e 4kHz. O *gap* aero-ósseo foi calculado pela diferença entre limiares de via aérea e via óssea. Também foram calculadas as médias quadritonais considerando as frequências 0,5kHz, 1kHz, 2kHz e 4kHz para via aérea, via óssea e *gap* aero-ósseo. Os dados foram adquiridos com o audiômetro Madsen Itera

II®, através de testes em cabine audiométrica realizados por fonoaudióloga habilitada e experiente.

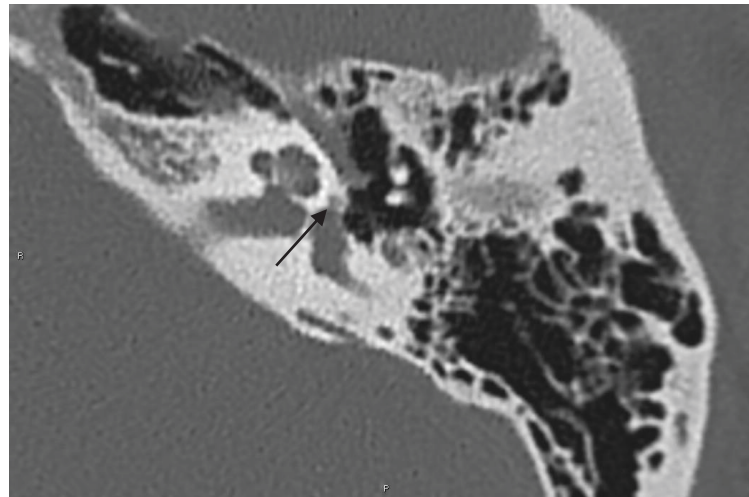
- c) TACR de osso temporal: na avaliação tomográfica foram incluídos dados topográficos relativos ao acometimento por otospongiose nos sítios da FAF (Figura 1), contato de focos otospongióticos com endósteo do vestíbulo (EV) (Figura 2), endósteo das espiras basal (EB) (Figura 4), espira média (EM) (Figura 5) e espira apical (EA) da cóclea (Figura 6), assim como o maior diâmetro de foco otospongiótico (Figura 7). Os dados tomográficos foram coletados por radiologista experiente em exames do osso temporal, com cegamento quanto aos dados audiométricos. As tomografias analisadas tiveram as imagens obtidas através de dois equipamentos, com aquisições volumétricas em cortes axiais de 0,625mm de espessura (Revolution CT, GE, Milwaukee®) ou 0,6mm de espessura (Definition, Siemens, Erlangen®), reconstruídos com algoritmos de alta resolução para avaliação óssea.

FIGURA 1 – FOCO OTOSPONGIOTICO
ACOMETENDO A *FISSULA ANTE FENESTRAM*



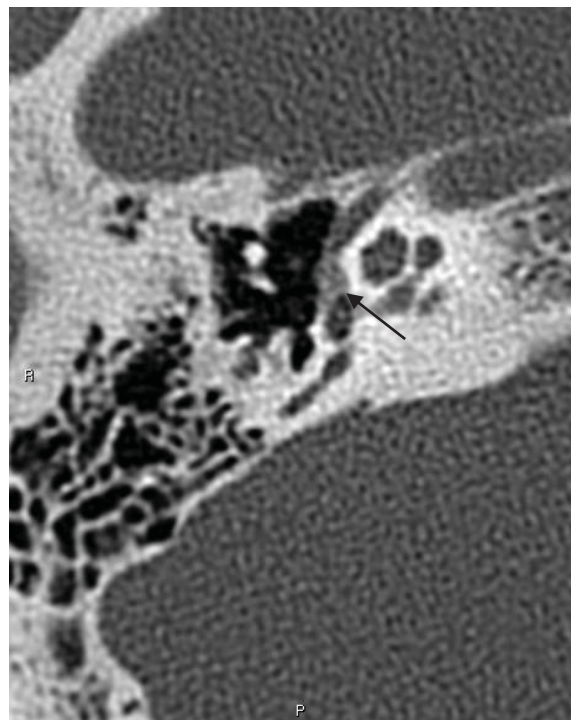
FONTE: O autor (2022)

FIGURA 2 – CONTATO DO FOCO OTOSPONGIÓTICO COM
ENDÓSTEO DO VESTÍBULO



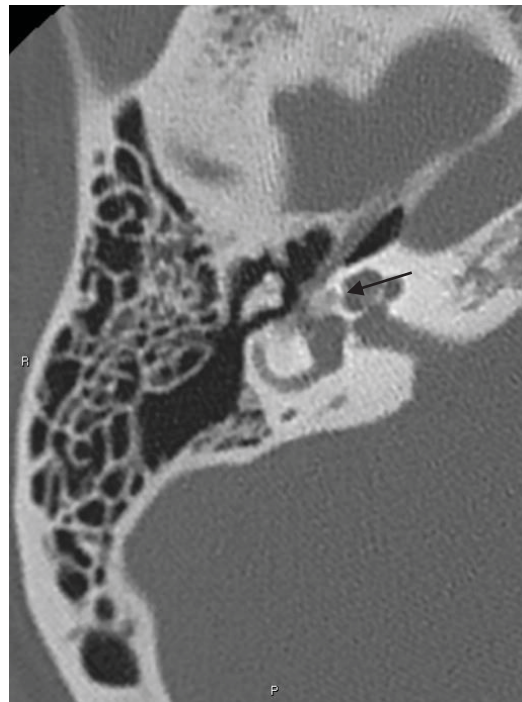
FONTE: O autor (2022)

FIGURA 3 – CONTATO DO FOCO
OTOSPONGIÓTICO COM O ENDÓSTEO DA ESPIRA
BASAL DA CÓCLEA



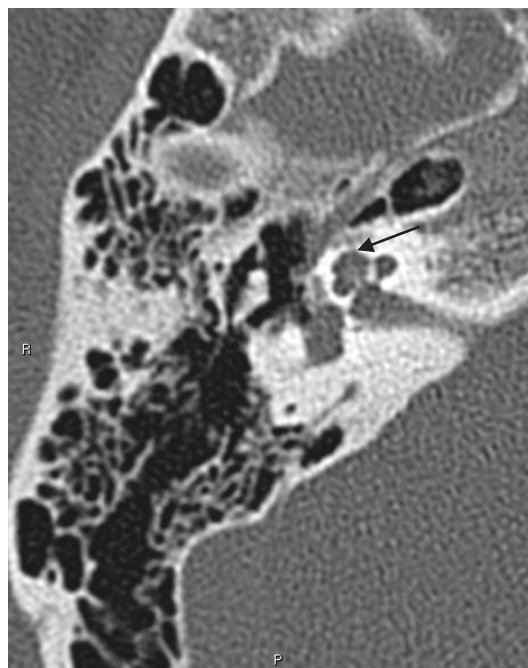
FONTE: O autor (2022)

FIGURA 4 – CONTATO DO FOCO
OTOSPONGIÓTICO COM O ENDÓSTEO DA ESPIRA
MÉDIA DA CÓCLEA



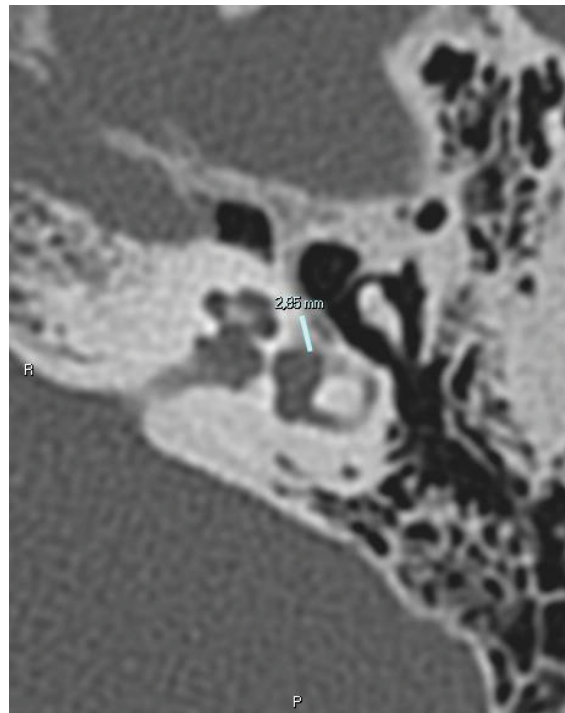
FONTE: O autor (2022)

FIGURA 5 – CONTATO DO FOCO
OTOSPONGIÓTICO COM O ENDÓSTEO DA ESPIRA
APICAL DA CÓCLEA



FONTE: O autor (2022)

FIGURA 6 – AFERIÇÃO DO MAIOR DIÂMETRO DO FOCO OTOSPONGIÓTICO



FONTE: O autor (2022)

3.9 PROCEDIMENTOS DE ESTUDO

Os dados foram coletados dos prontuários de pacientes submetidos à cirurgia de estapedotomia no Hospital Iguaçu®, centro de excelência no atendimento de doenças do nariz, ouvido e garganta, com atenção diferenciada para a área de audiologia. Especializado em otorrinolaringologia, localiza-se em região nobre da cidade de Curitiba - Paraná, que atende pacientes que pagam diretamente pelos serviços médicos (os chamados particulares) e pacientes cobertos por planos de saúde gerenciados por empresas privadas. O hospital não atende pacientes cujo atendimento é pago com recursos do Sistema Único de Saúde. Portanto, o perfil socioeconômico dos pacientes atendidos é de sujeitos pertencentes às classes A, B e C.

Os pacientes tiveram confirmação de fixação do estribo por otosclerose, pela palpação do ossículo durante o procedimento (passo executado como rotina em estapedotomias).

Os exames audiométricos foram realizados no Hospital Iguaçu®, em Curitiba e as TACR foram realizadas no Centro de Diagnóstico Avançado por Imagem de Curitiba (DAPI®).

3.10 TABULAÇÃO E GERENCIAMENTO DE DADOS

Todos os dados dos pacientes participantes da pesquisa foram coletados e registrados em planilha eletrônica exclusivamente pelo pesquisador, e posteriormente foram conferidos e exportados para o *software* de estatística *Statistica 4.0* (Stasoft®).

3.11 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Na análise estatística, as medidas de tendência central e de dispersão estão expressas em médias e desvio padrão (média $\pm$ DP) e em medianas e intervalo interquartilico (mediana, IIQ) para as de distribuição assimétrica. As variáveis categóricas estão expressas em frequência absoluta e relativa.

Para a estimativa da diferença entre variáveis contínuas foram aplicados os testes t de *Student*, Anova fatorial e Anova para medidas repetidas com teste *post-hoc* de Duncan.

A análise de correlação de Pearson foi aplicada para avaliar a associação entre variáveis contínuas, considerando como correlação perfeita coeficiente de correlação de 1,00, muito forte entre 0,90 a 0,99, forte entre 0,70 e 0,89, moderada entre 0,40 e 0,69, fraca entre 0,20 e 0,39 e muito fraca entre 0,00 e 0,19.

O tamanho da amostra foi estimado considerando o principal objetivo do estudo, qual seja, avaliar a associação entre a audiometria aérea e óssea e os aspectos tomográficos da otospongiose considerando poder de teste de 95%, nível de significância de 5%, diferença entre médias de 15 pontos e desvio-padrão de 15 pontos, indicando amostra mínima de 45 casos.

3.12 ÉTICA EM PESQUISA

O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos da Pontifícia Universidade Católica do Paraná – PUCPR (registrado sob o número 3.327.384, em 15/05/2019. Houve dispensa do termo de consentimento livre e esclarecido.

3.13 MONITORIZAÇÃO DA PESQUISA

A pesquisa foi realizada considerando as medidas de confidencialidade, responsabilidade do pesquisador e da instituição, de acordo com o compromisso firmado com o Comitê de Ética e Pesquisa em Seres Humanos da Pontifícia Universidade Católica do Paraná na ocasião de submissão do projeto

3.14 FOMENTO PARA A PESQUISA, PROFISSIONAIS E SERVIÇOS ENVOLVIDOS

Esta pesquisa contou com a participação e infraestrutura do Hospital Iguaçu® e DAPI®.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – código de financiamento 001.

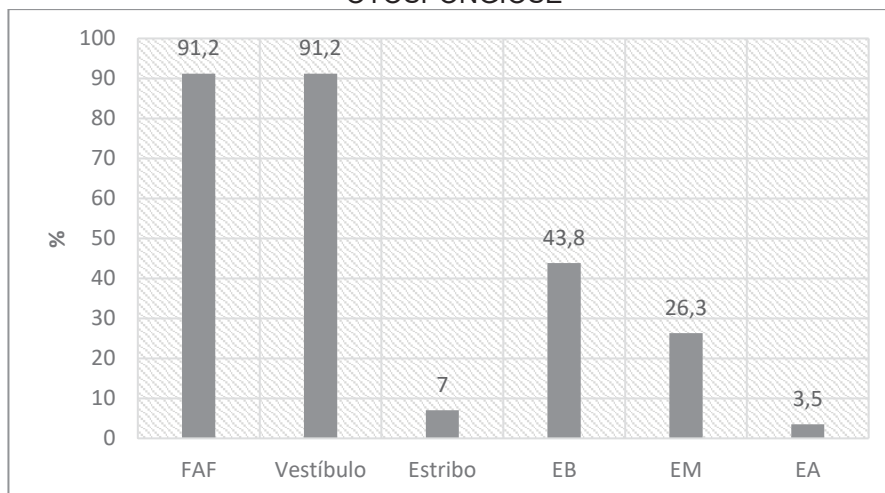
4 RESULTADOS

Constituíram a amostra do estudo 36 pacientes com otospongiose, sendo 17 do sexo masculino (47,2%) e 19 do sexo feminino (52,8%), com média de idade de $45,3 \pm 12,0$ anos, sem diferença quanto ao sexo ($p = 0,96$).

Em 21 pacientes o exame de TACR indicou otosclerose nas duas orelhas e em 15 em uma orelha só, 7 à direita e em 8 à esquerda. Da avaliação de 57 orelhas, em 28 casos (49,1%) a otospongiose foi identificada na orelha direita e em 29 (50,9%) à esquerda.

No exame de TACR das 57 orelhas o foco da otospongiose foi identificado em 52 casos na FAF (91,2%) e em 52 orelhas no vestibulo (91,2%) e no estribo em quatro orelhas (7,0%). Não se observou EEC em 30 orelhas (52,6%). Em 27 houve EEC (47,4%), com extensão para a espira basal (EB) em 25 orelhas (43,8%), para a espira média (EM) em 15 orelhas (26,3%) e para a espira apical (EA) em duas orelhas (3,5%) (Gráfico 1).

GRÁFICO 1 – TOPOGRAFIA DE IDENTIFICAÇÃO DOS FOCOS DE OTOSPONGIOSE



FONTE: O autor (2022)

NOTA: FAF: *fissula ante fenestran* EB: espira basal EM: espira média
EA: espira apical

Na Tabela 1 estão apresentadas as topografias e número de topografias acometidas.

TABELA 1 - DISTRIBUIÇÃO E LOCALIZAÇÃO DOS FOCOS OTOSPONGIÓTICOS

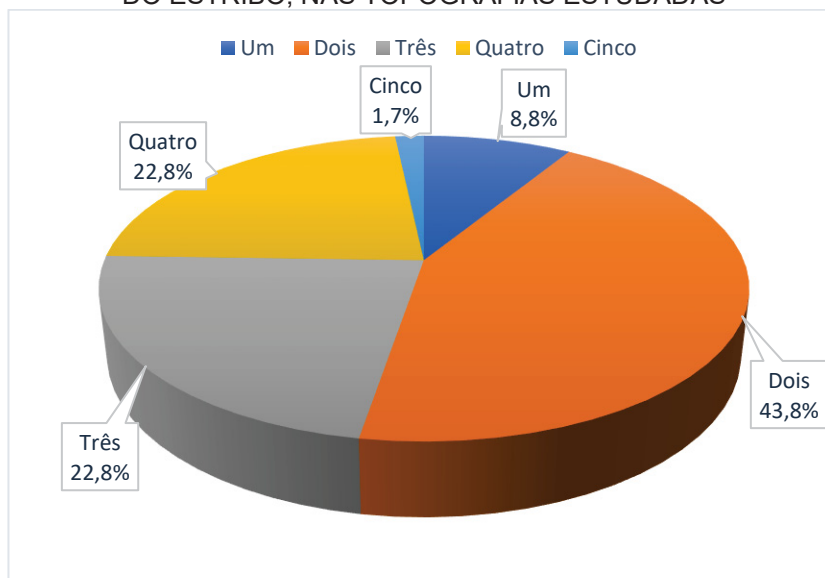
TOPOGRAFIAS DOS FOCOS ESPONGIÓTICOS	n (%)
1 topografia	5 (8,8%)
Estribo	4 (7,0%)
Vestíbulo	1 (1,8%)
2 topografias	25 (43,8%)
FAF + Vestíbulo	25 (43,8%)
3 topografias	13 (22,8%)
FAF + Vestíbulo + EB	11 (19,3%)
FAF + Vestíbulo + EM	2 (3,5%)
4 topografias	13 (22,8%)
FAF + Vestíbulo + EB + EM	12 (21,0%)
FAF + Vestíbulo + EB + EA	1 (1,8%)
5 topografias	1 (1,8%)
FAF + Vestíbulo + EB + + EM + EA	1 (1,8%)

FONTE: O autor (2022)

NOTA: FAF: *fissula ante fenestram* EB: espira basal EM = espira média EA: espira apical

O Gráfico 2 ilustra a distribuição de frequência do número de locais com focos otospongióticos, nas topografias estudadas.

GRÁFICO 2 – DISTRIBUIÇÃO DE FREQUÊNCIA DO NÚMERO DE LOCAIS COM FOCOS OTOESPONGIÓTICOS, INDEPENDENTE DO ESTRIBO, NAS TOPOGRAFIAS ESTUDADAS



FONTE: O autor (2022)

O diâmetro do foco otospongiótico foi, em mediana, de 1,90, variando de 0,60 a 3,10 mm (IIQ = 1,3-2,5 mm) e menor que 0,70-1,30 mm na ausência de EEC (Tabela 2).

TABELA 2 – DIÂMETRO DO FOCO OTOSPONGIÓTICO DE ACORDO COM A TOPOGRAFIA DO FOCO

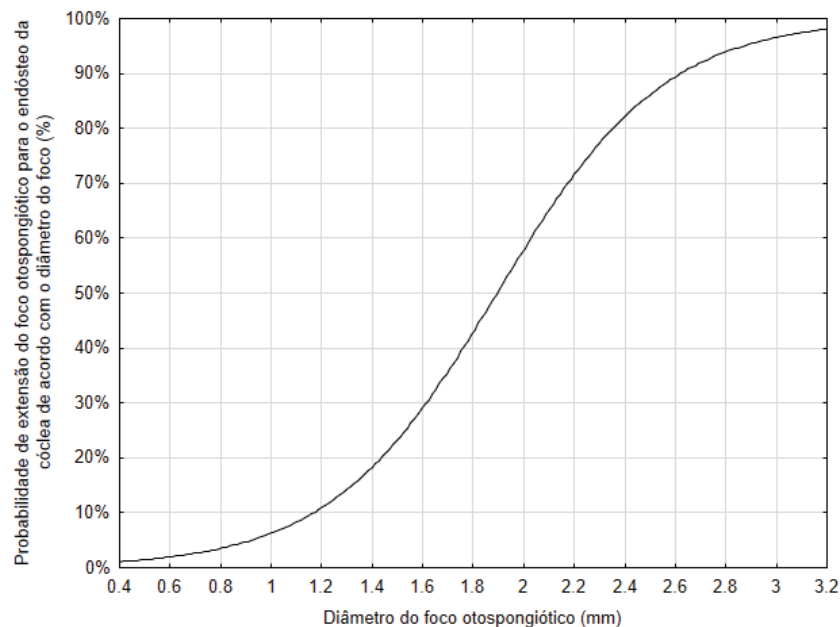
TOPOGRAFIA	DIÂMETRO (mm)
FAF/Vestíbulo	1,40 (1,20-1,80)
FAF/Vestíbulo e EEC para EB	2,10 (1,50-2,50)
FAF/Vestíbulo e EEC para EB/EM	2,70 (2,10-2,80)
Geral	1,90 (1,30-2,50)

FONTE: O autor (2022)

NOTA: *Mediana and interval interquartílico. Anova de Kruskal-Wallis: $p = 0.01$. Teste post hoc de Mann-Whitney test, diâmetro do foco otospongiótico sem EEC < diâmetro do foco otospongiótico com EEC. FAF: *fissula ante fenestram* EEC: extensão para o endósteo da cóclea EB: espira basal EM: espira média

A probabilidade de EEC aumentou com o maior diâmetro do foco otospongiótico ($p < 0,001$) (Gráfico 3).

GRÁFICO 3 – PROBABILIDADE DE EXTENSÃO DO FOCO OTOSPONGIÓTICO DE ACORDO COM O DIÂMETRO DO FOCO

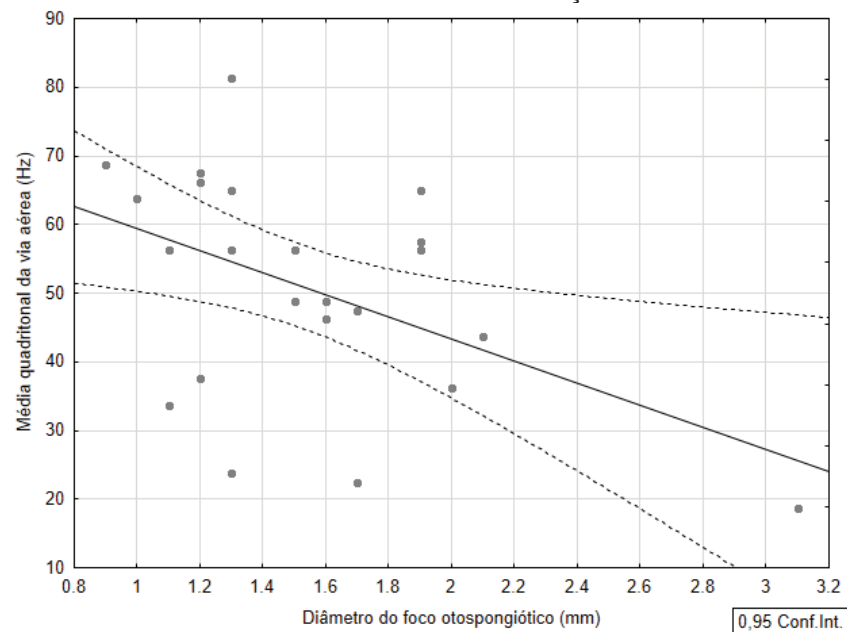


FONTE: O autor (2022)

NOTA: Regressão logística univariada: $p < 0,001$

Nos casos de foco otospongiótico nas topografias FAF e vestibulo observou-se correlação inversa moderada entre a média quadritonal da via aérea e o diâmetro do foco otospongiótico ($r = -0,48$) (Gráfico 4).

GRÁFICO 4 – CORRELAÇÃO ENTRE O DIÂMETRO DO FOCO OTOSPONGIÓTICO E A MÉDIA QUADRITONAL DA CONDUÇÃO AÉREA



FONTE: O autor (2022)

NOTA: Correlação de Pearson: $r = -0,48$

Nas demais situações não se observou correlação relevante ($r < 0,40$) (Tabela 3).

Não se observou correlação entre a média quadrilateral do *gap* aero-ósseo e o diâmetro do foco otospongiótico ($r = -0,12$) (Gráfico 5).

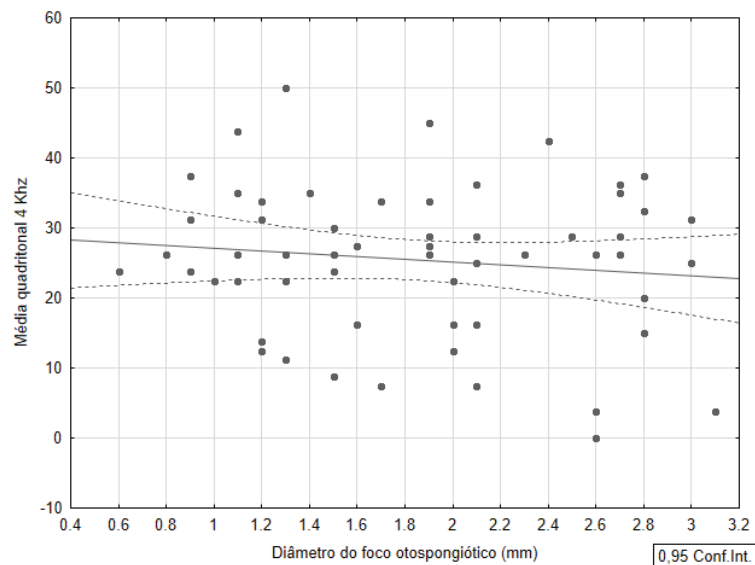
TABELA 3 – CORRELAÇÃO ENTRE O DIÂMETRO DO FOCO OTOSPONGIÓTICO E AS MÉDIAS QUADRITONAIS AÉREA, ÓSSEA E *GAP* AERO-ÓSSEO

TIPO	FAF + Vestíbulo	FAF + Vestíbulo + EB	FAF + Vestíbulo + EB + EM	TOTAL
CA	-0,48	0,43	0,11	-0,08
CO	-0,33	0,21	0,04	0,01
<i>GAP</i> AO	-0,39	0,29	0,14	-0,12

FONTE: O autor (2022)

NOTA: Correlação de Pearson CA: Condução aérea CO: Condução Óssea *GAG* AO: *GAP* aero ósseo FAF: *fissula ante fenestram* EB: espira basal EM = espira média

GRÁFICO 5 – CORRELAÇÃO ENTRE A MÉDIA QUADRITONAL DO GAP AERO-ÓSSEO E O DIÂMETRO DO FOCO OTOSPONGIÓTICO



FONTE: O autor (2022)

NOTA: Correlação de Pearson: $r = -0,12$

A média quadrifonética da via óssea foi semelhante com e sem EEC ($25,8 \pm 8$ vs $24,8 \pm 86$, $p = 0,65$).

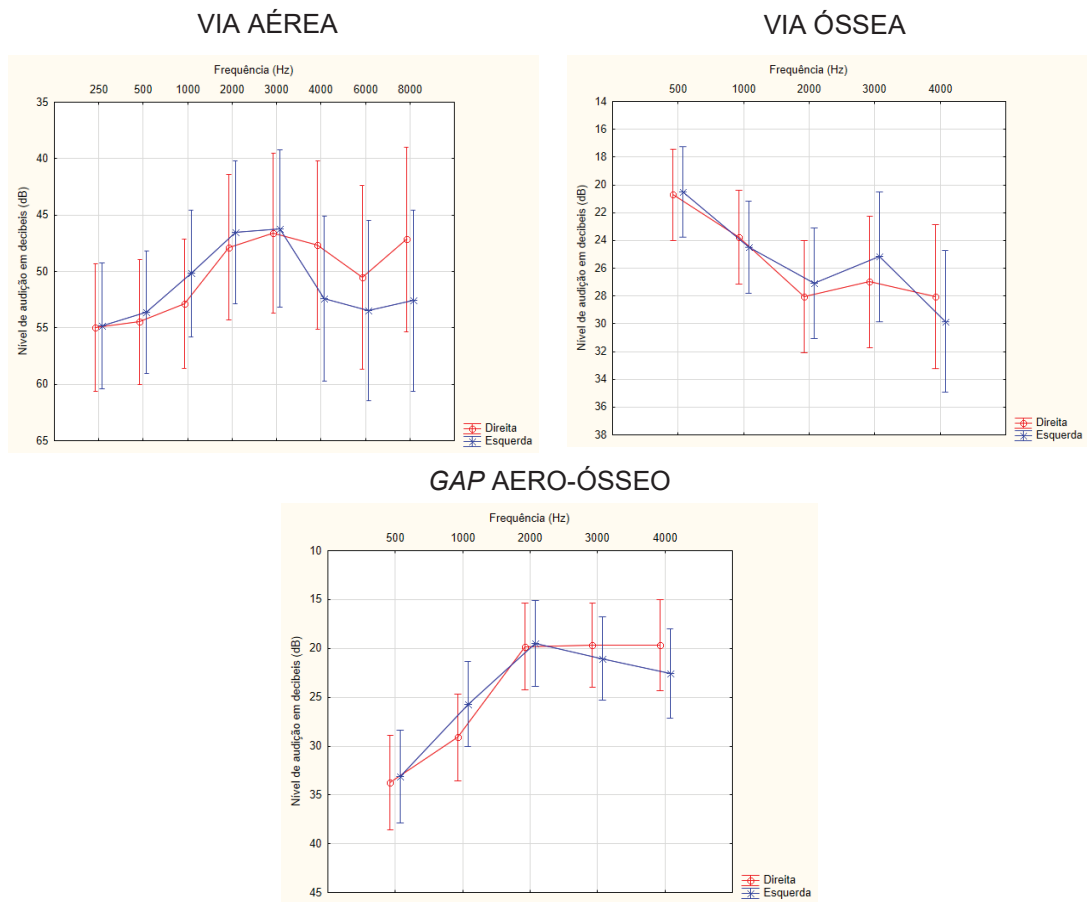
Observou-se, também, semelhança entre a média quadrifonética do *gap* aero-ósseo naqueles casos apenas com foco otosspongiosotico no estribo em relação àqueles com EEC ($25,2 \pm 11,1$ vs $27,5 \pm 3,2$, $p = 0,68$).

As características audiométricas da amostra estão explicitadas a seguir, quanto ao audiograma de via aérea, audiograma de via óssea e *gap* aero-ósseo (Gráfico 6).

4.1 ASSOCIAÇÃO ENTRE OS DADOS AUDIOMÉTRICOS E TOPOGRAFIAS ACOMETIDAS NA TOMOGRAFIA AXIAL COMPUTADORIZADA

Não se observou diferença no audiograma por via aérea de acordo com a presença ou não de foco na FAF ($p > 0,05$). O mesmo foi observado no audiograma por via óssea ($p > 0,05$) (Gráfico 7).

GRÁFICO 6 - AUDIOGRAMA POR VIA AÉREA, ÓSSEA E GAP AERO-ÓSSEO DE ACORDO COM AS ORELHAS DIREITA E ESQUERDA

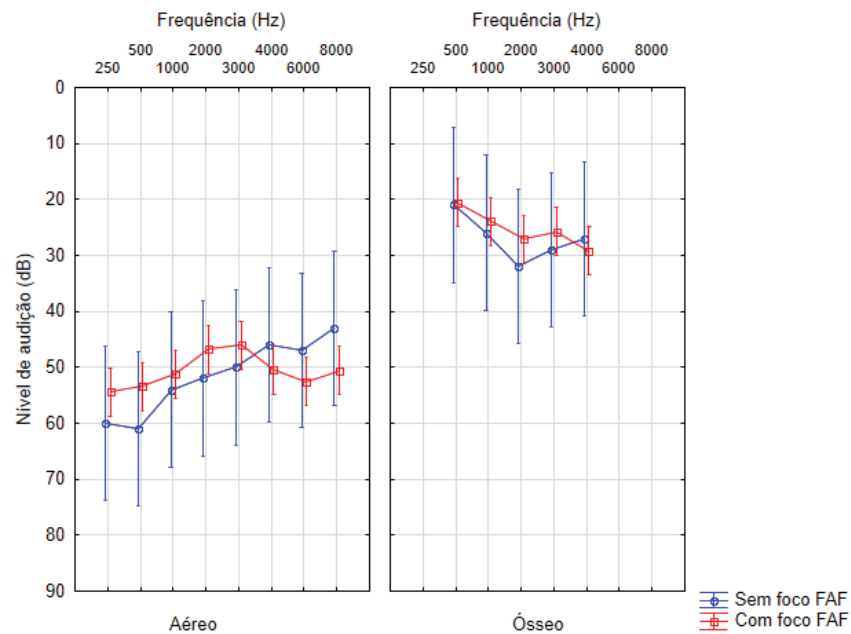


FONTE: O autor (2022)

NOTA: Entre as orelhas direita e esquerda -Anova para medidas repetidas, teste post-hoc de Duncan: $p > 0,05$

Orelha direita: $p < 0,001$ Orelha esquerda: $p < 0,001$

GRÁFICO 7 – AUDIOGRAMA POR VIA AÉREA E POR VIA ÓSSEA DE ACORDO COM A PRESENÇA E AUSÊNCIA DE FOCO NA *FISSULA ANTE FENESTRAM*

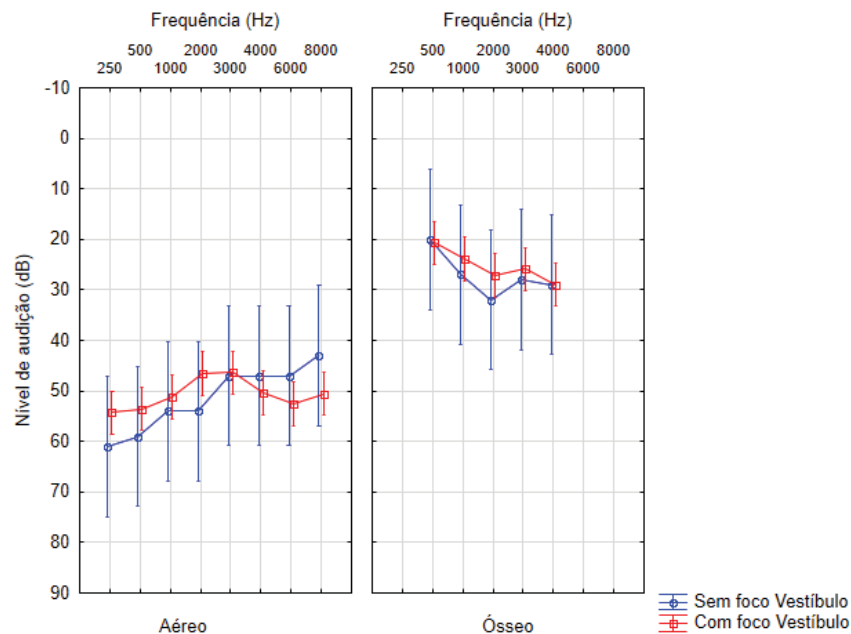


FONTE: O autor (2022)

NOTA: Comparação entre os pacientes sem e com o foco na *fissura ante fenestram* - Anova para medidas repetidas: $p > 0,05$

Não se observou, também, diferença no audiograma por via aérea ou via óssea de acordo com a presença ou não de foco no Vestíbulo ($p > 0,05$) (Gráfico 8).

GRÁFICO 8 –AUDIOGRAMA POR VIA AÉREA E POR VIA ÓSSEA DE ACORDO COM A PRESENÇA E AUSÊNCIA DE FOCO NO ENDÓSTEO DO VESTÍBULO



FONTE: O autor (2022)

NOTA: Comparação entre os pacientes sem e com o foco no endóstio do vestíbulo - Anova para medidas repetidas: $p > 0,05$

Não houve também diferença significativa no audiograma por via aérea ou via óssea de acordo com a presença ou não de EEC para a EB ($p > 0,05$) (Gráfico 9).

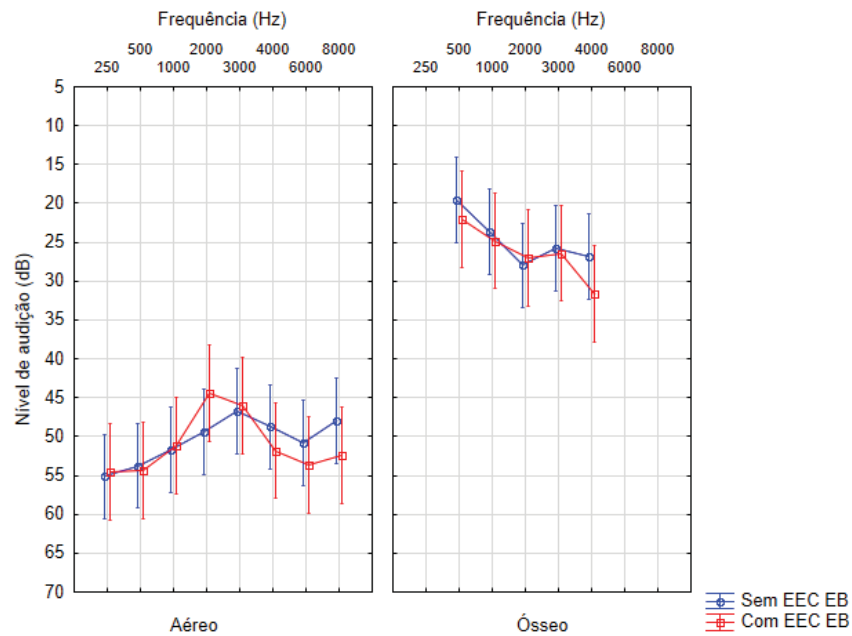
O mesmo se observou em relação ao audiograma por via aérea e via óssea de acordo com a presença ou não de EEC para a EM ($p > 0,05$) (Gráfico 10).

Considerando a EEC, observou-se diferença entre os grupos no audiograma por via aérea apenas na frequência de 3000Hz ($p = 0,03$), com maiores limiares no grupo sem EEC. Não houve diferença entre os grupos quanto aos limiares de via óssea (Gráfico 11).

Foram agrupados os casos com acometimento simultâneo nas topografias mais frequentes, quais sejam: a) FAF + Vestíbulo ($n = 24$), FAF + Vestíbulo + EEC EB ($n = 12$) e FAF + Vestíbulo + EEC EB/EM ($n = 12$). Conduziu-se análise da audiometria por via aérea e via óssea e do *gap* aero-ósseo.

O Gráfico 12 ilustra a perda auditiva registrada nos casos com otospongiose na FAF e Vestíbulo.

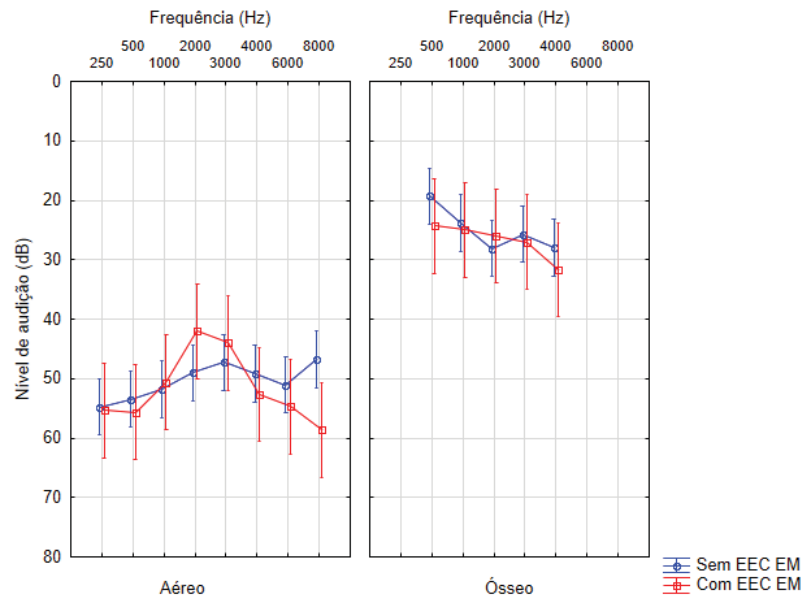
GRÁFICO 9 –AUDIOGRAMA POR VIA AÉREA E POR VIA ÓSSEA DE ACORDO COM A PRESENÇA E AUSÊNCIA DE EXTENSÃO DO FOCO OTOSPONGIÓTICO PARA A ESPIRA BASAL



FONTE: O autor (2022)

NOTA: Comparação entre os pacientes sem e com o foco na espira basal -
Anova para medidas repetidas: $p > 0,05$ EEC EB: extensão do foco
otospongiótico para a espira basal

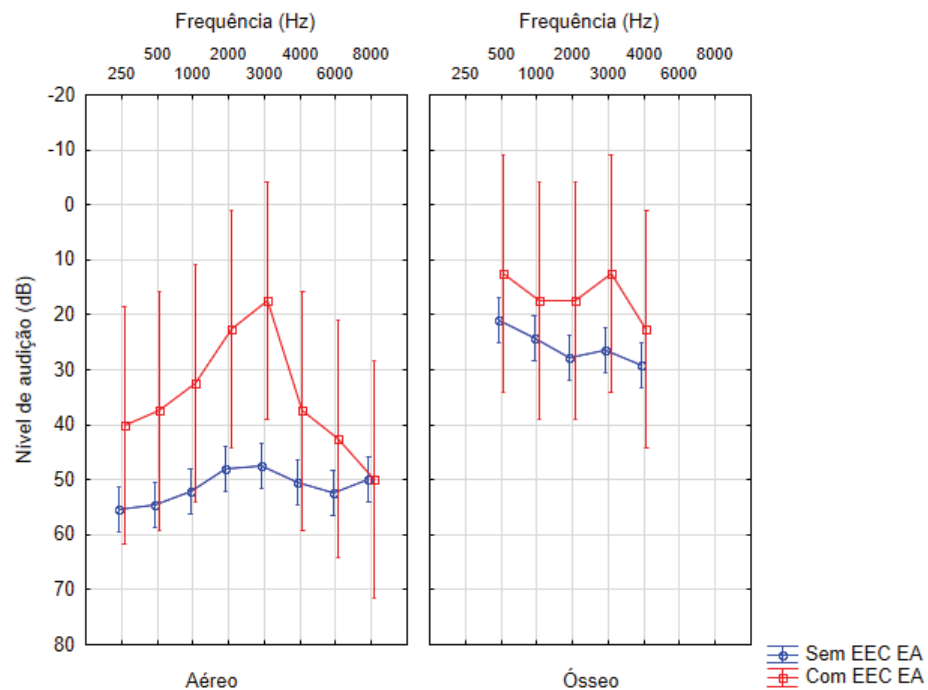
GRÁFICO 10 –AUDIOGRAMA POR VIA AÉREA E POR VIA ÓSSEA DE ACORDO COM A PRESENÇA E AUSÊNCIA DE EXTENSÃO DO FOCO OTOSPONGIÓTICO PARA A ESPIRA MÉDIA



FONTE: O autor (2022)

NOTA: Comparação entre os pacientes sem e com o foco na espira média
 - Anova para medidas repetidas: $p > 0,05$ EEC EM: extensão do foco otospongíotico para a espira média

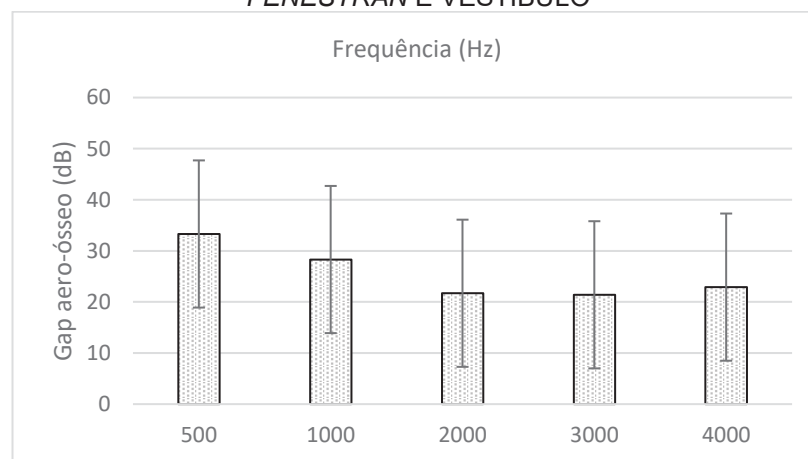
GRÁFICO 11 – AUDIOGRAMA POR VIA AÉREA E POR VIA ÓSSEA DE ACORDO COM A PRESENÇA E AUSÊNCIA DE EXTENSÃO DO FOCO OTOSPONGIÓTICO PARA A ESPIRA APICAL



FONTE: O autor (2022)

NOTA: Comparação entre os pacientes sem e com o foco na espira apical - Anova para medidas repetidas: $p = 0,03$ (3000dB) EEC EA: extensão do foco otospongíotico para a espira apical

GRÁFICO 12 – GAP AERO-ÓSSEO COM OTOSPONGIOSE NA FISSULA ANTE FENESTRAN E VESTÍBULO

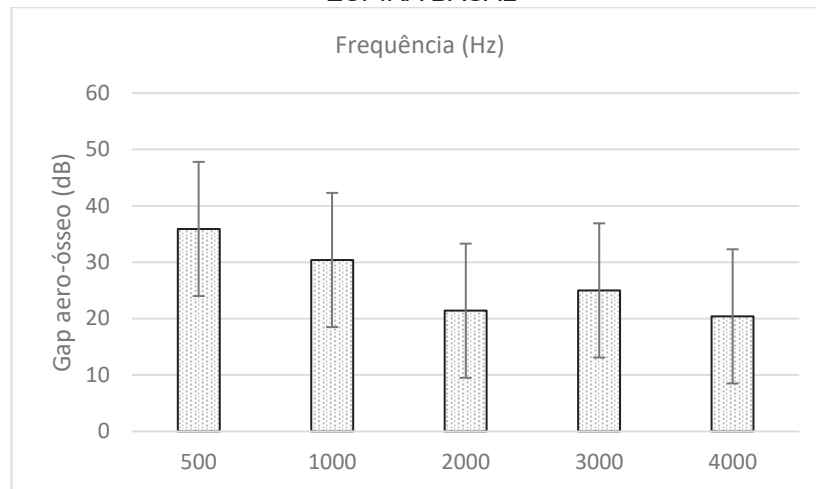


FONTE: O autor (2022)

NOTA: $n = 24$

O Gráfico 13 ilustra a perda auditiva registrada nos casos com otospongiose na FAF, Vestíbulo e EEC para a EB.

GRÁFICO 13 – GAP AERO-ÓSSEO COM OTOSPONGIOSE NA *FISSULA ANTE FENESTRAN*, VESTÍBULO E EXTENSÃO DO FOCO OTOSPONGIÓTICO PARA A ESPIRA BASAL

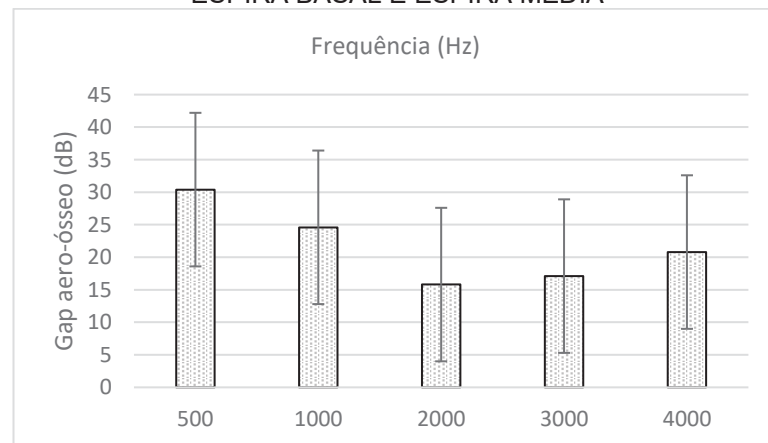


FONTE: O autor (2022)

NOTA: n = 12

O Gráfico 14 ilustra a perda auditiva registrada nos casos com otospongiose na FAF, Vestíbulo e EEC para a EB e EM.

GRÁFICO 14 – GAP AERO-ÓSSEO COM OTOSPONGIOSE NA *FISSULA ANTE FENESTRAN*, VESTÍBULO E EXTENSÃO DO FOCO OTOSPONGIÓTICO PARA A ESPIRA BASAL E ESPIRA MÉDIA

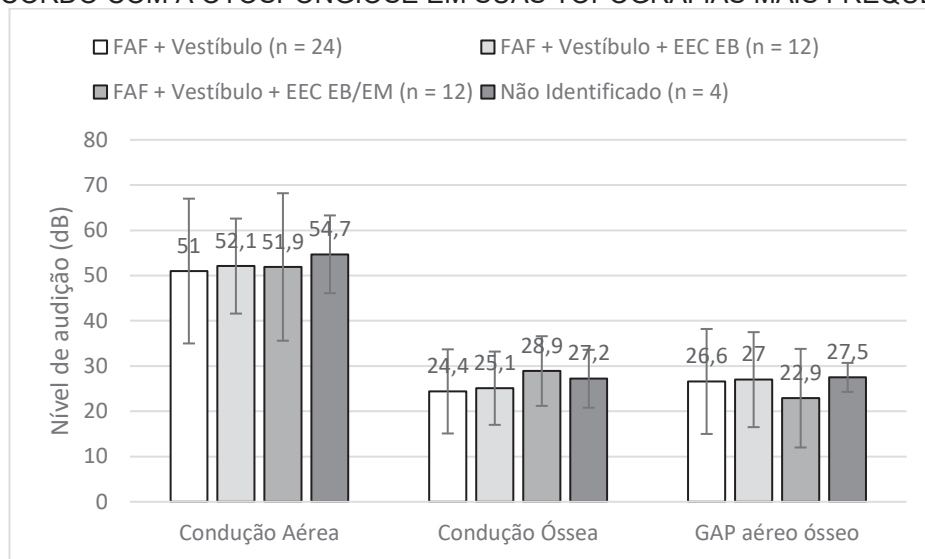


FONTE: O autor (2022)

NOTA: n = 12

O Gráfico 15 ilustra a média quadritonal (0,5kHz, 1kHz, 2kHz e 4kHz) do audiograma por via aérea, óssea e a média do *gap* aero-ósseo considerando as topografias mais frequentes. Não se observou diferença significativa na condução aérea, óssea ou *gap* aero-ósseo entre os grupos ($p > 0,05$).

GRÁFICO 15 – MÉDIA 0,5-4KHZ PARA VIA AÉREA, VIA ÓSSEA E GAP AERO-ÓSSEO DE ACORDO COM A OTOSPONGIOSE EM SUAS TOPOGRAFIAS MAIS FREQUENTES

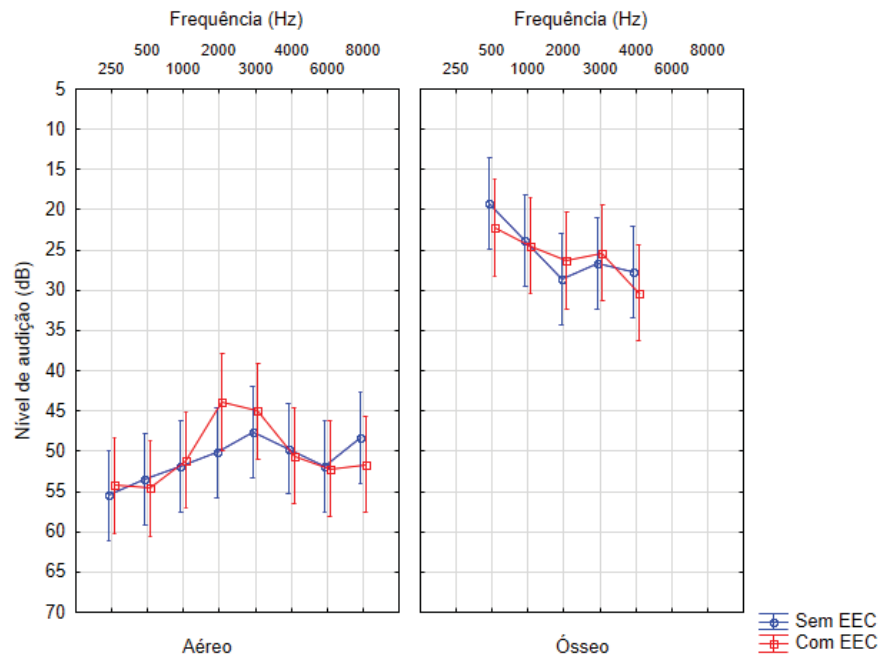


FONTE: O autor (2022)

NOTA: Anova one-way: $p > 0,05$ FAF: *fissula ante fenestram* EB: espira basal EM = espira média

Analisando-se os limiares de via aérea e óssea conforme presença ou ausência de EEC para quaisquer das topografias pericocleares (EB, EM ou EA), não se observou diferença significativa entre os grupos (Gráfico 16).

GRÁFICO 16 – AUDIOGRAMA POR VIA AÉREA E POR VIA ÓSSEA DE ACORDO COM A EXTENSÃO PARA O ENDÓSTEO DA CÓCLEA



FONTE: O autor (2022)

NOTA: Comparação entre os pacientes sem e com EEC - Anova para medidas repetidas: $p > 0,05$

Não se observou associação tonotópica entre a topografia do foco otospongiótico e o dano sensorial (Tabela 4).

TABELA 4 – ASSOCIAÇÃO TONOTÓPICA ENTRE A TOPOGRAFIA DO FOCO OTOSPONGIÓTICO E O DANO SENSORIAL

FOCO OTOSPONGIÓTICO	SEM FOCO	COM FOCO	p
EB 4KVO	25,0 (15-35)	30,0 (20-40)	0,14
EB 8 KVA	42,5 (32,5-65)	50,0 (40-70)	0,37
EM 1KVO	25,0 (20-30)	25,0 (20-30)	0,84
EM 2KVO	25,0 (20-40)	20,0 (20-35)	0,54
EA 250 VA	60,0 (50-65)	40,0 (25-55)	0,19
EA 500 VO	20,0 (15-25)	12,5 (10-15)	0,13

FONTE: O autor (2022)

NOTA: Teste de Mann-Whitney EB: Espira basal EM: Espira medial EA: Espira apical

5 DISCUSSÃO

Há na literatura carência de estudos que correlacionam os dados audiométricos e tomográficos de pacientes com otosclerose. Tais estudos apresentam heterogeneidade quanto a alguns aspectos, a se ressaltar diferentes métodos diagnósticos utilizados e diferentes parâmetros audiométricos e tomográficos correlacionados.

A capacidade da TACR em se correlacionar aos dados audiométricos é controversa na literatura. Esta afirmação vale tanto para o componente de perda auditiva condutiva, quanto para a capacidade sensorial afetada por possível dano à cóclea.

O presente estudo analisou dados audiométricos e tomográficos de pacientes com otosclerose, coletados de forma retrospectiva. Os pacientes incluídos na amostra tinham confirmação diagnóstica por análise intraoperatória da fixação do estribo. Além disso, apresentavam sinais positivos de otosclerose na fase de otospongiose no exame de TACR. A amostra estudada incluiu dados de 36 pacientes, representando 57 orelhas com otospongiose.

Algumas características distinguem o presente estudo dos demais. Incluiu-se na amostra apenas pacientes com diagnóstico confirmado da doença (em intraoperatório). Ainda, foram considerados para inclusão na amostra apenas os casos com a fase espongiótica presente no exame de imagem. Procurou-se caracterizar a amostra considerando diferentes topografias envolvidas, em que havia claro contato com o endóstio da orelha interna nas regiões pericocleares estudadas. A análise dos dados foi executada sob a luz da tonotopia coclear.

Não foi demonstrada associação significativa para a maioria dos dados audiométricos e tomográficos estudados. No presente estudo, a TACR e seus achados quanto a fase espongiótica da doença não foi capaz de prever maior *gap* aero-ósseo ou maiores médias nos limiares auditivos de via aérea ou de via óssea.

Algumas exceções pontuais foram identificadas. Foi observada correlação entre presença de foco espongiótico acometendo o endóstio da espira apical e melhores limiares de via aérea em 3kHz. O mesmo não se observou quando analisada a via óssea nesta mesma frequência. Também se encontrou correlação inversa entre diâmetro do foco no grupo específico FAF + EV (pacientes sem EEC) e a média quadritonal de via aérea (0,5-4kHz). Apesar de dados curiosos, a relevância

destes achados parece pequena, levando-se em consideração a fisiopatogenia da perda auditiva na otosclerose.

Uma possível explicação para a ausência de achados relevantes nas variáveis analisadas é o fato de que o exame tomográfico tem facilidade em detectar a fase espongiótica da doença, porém, dificuldade para detectar a fase esclerótica. As lesões em fase esclerótica costumam ser isodensas tomograficamente e identificadas apenas quando geram alterações significativas, remodelando as estruturas da cápsula ótica.

Apesar da fisiopatogenia da doença na geração de perda auditiva ser conhecida, a aplicação destes conhecimentos na inferência de dados obtidos dos exames de imagem ainda não é exata.

6 CONCLUSÃO

- a) Não se observou associação relevante entre os achados de TACR e de audiometria tonal;
- b) Na amostra estudada de orelhas com otosclerose os pacientes estavam em média na 4^a década, sem predomínio do sexo feminino e em cerca de metade dos casos as duas orelhas estavam afetadas;
- c) O acometimento otospongiótico em FAF e endósteo do vestíbulo esteve presente na maioria de orelhas estudadas na amostra, sendo que, em quase metade dos casos, havia extensão do foco espongiótico ao endósteo coclear.
- d) Não foi encontrada associação significativa entre os sítios otospongióticos e seu diâmetro, observado em exame de TACR, e a média do *gap* aero-ósseo, obtido no exame de audiometria tonal.

REFERÊNCIAS

- ALTMAN, F.; GLASGOLD, A.; MACDUFF, J. P. The Incidence of Otosclerosis as Related to Race and Sex. **The Annals of Otology, Rhinology and Laryngology**, v. 76, n. 2, p. 377–392, 1967.
- AMARO, C. E. *et al.* Otosclerose. Correlação clínica e imagiológica. **Revista Portuguesa de Otorrinolaringologia e Cirurgia Cérvico-Facial**, v. 48, n. 2, p. 1-7, 2010.
- ARNOLD, W. Some remarks on the histopathology of otosclerosis. **Advances in Oto-Rhino-Laryngology**, v. 65, p. 25–30, 2007.
- BATSON, L.; RIZZOLO, D. Otosclerosis: An update on diagnosis and treatment. **Journal of the American Academy of Physician Assistants**, v. 30, n. 2, p. 17–22, 2017.
- BERRETTINI, S. *et al.* Imaging evaluation in otosclerosis: Single photon emission computed tomography and computed tomography. **The Annals of Otology, Rhinology and Laryngology**, v. 119, n. 4, p. 215–224, 2010.
- CROMPTON, M. *et al.* The Epidemiology of Otosclerosis in a British Cohort. **Otology & Neurotology**, v. 40, n. 1, p. 22–30, 2019.
- DAMSMA, H. *et al.* CT of cochlear otosclerosis (otospongiosis). **Radiology Clinics of North America**, v. 22, n. 1, p. 37-43, 1984.
- DECLAU, F. *et al.* Prevalence of Otosclerosis in an Unselected Series of Temporal Bones. **Otology & Neurotology**, v. 22, n. 5, p. 596–602, 2001.
- DE GROOT, J. A.; HUIZING, E. H. Densitometry of the cochlear capsule and correlation between bone density loss and bone conduction hearing loss in otosclerosis. **Acta Otolaryngologica**, v. 103, n.5 - 6, p. 464–468, 1987.
- DUDAU, C. *et al.* Diagnostic efficacy and therapeutic impact of computed tomography in the evaluation of clinically suspected otosclerosis. **European Radiology**, v. 27, n. 3, p. 1195–1201, 2017.
- EALY, M.; SMITH, R. J. H. Otosclerosis. In: ALFORD, R. L.; SUTTON, V. R. **Medical Genetics in the Clinical Practice of ORL**. Eds. Basel: KARGER, 2011, v. 70, p. 122–129.

- ELONKA, D.R.; APPLEBAUM, E. L. Otosclerotic involvement of the cochlea: a histologic and audiologic study. **Otolaryngology Head Neck Surgery**, v. 89, n. 2, p. 343–351, 1981.
- FRAYSSE, B. Why do we include CT scanning in the evaluation of otosclerosis patients? **Journal of Oto-Rhino- Laryngology and its Related Specialties**, v. 72, p. 168-169, 2010.
- GAIOTTI, J. O. *et al.* Diagnóstico tomográfico e aspectos relevantes da otosclerose. **Radiologia Brasileira**, v. 46, n. 5, p. 307-312, 2013.
- GRAYELI, A. B. *et al.* Temporal bone density measurements using CT in otosclerosis. **Acta Otolaryngologica**, v. 124, n. 10, p. 1136-1140, 2004.
- GÜNERI, E. A. *et al.* High-Resolution Computed Tomographic Evaluation of the Cochlear Capsule in Otosclerosis: Relationship between Densitometry and Sensorineural Hearing Loss. **The Annals of Otology, Rhinology & Laryngology**, v. 105, n. 8, p. 659–664, 1996.
- HOUSE, H. P. *et al.* Stapedectomy versus stapedotomy: Comparison of results with long-term follow-up. **The Laryngoscope**, v. 112, n. 11, p. 2046–2050, 2002.
- HUEB, M. M. *et al.* Otosclerosis: the University of Minnesota temporal bone collection. **Otolaryngology Head Neck Surgery**, v. 105, n. 3, p. 396–405, 1991.
- KAROSI, T.; CSOMOR, P.; SZIKLAI, I. The value of HRCT in stapes fixations corresponding to hearing thresholds and histologic findings. **Otology and Neurotology**, v. 33, n. 8, p. 1300–1307, 2012.
- KAWASE, S. *et al.* Relationship between CT densitometry with a slice thickness of 0.5 mm and audiometry in otosclerosis. **European Radiology**, v. 16, n. 6, p. 1367–1373, 2006.
- KIYOMIZU, K. *et al.* Correlation of CT analysis and audiometry in Japanese otosclerosis. **Auris Nasus Larynx**, v. 31, n. 2, p. 125–129, 2004.
- LAGLEYRE, S. *et al.* Reliability of high-resolution CT scan in diagnosis of otosclerosis. **Otology and Neurotology**, v. 30, n. 8, p. 1152–1159, 2009.
- LEE, T. C.; AVIV, R. I.; CHEN, J. M., *et al.* CT grading of otosclerosis. **American Journal of Neuroradiology**, v. 30, p. 1435-1439, 2009.

MARSHALL, A. H.; FANNING, N.; SYMONS, S., et al. Cochlear implantation in cochlear otosclerosis. **The Laryngoscope**, v. 115, p. 1728-1733, 2005.

MARX, M. *et al.* Correlations between CT scan findings and hearing thresholds in otosclerosis. **Acta Oto-Laryngologica**, v. 131, n. 4, p. 351–357, 2011.

MAURICIO, J. C. *et al.* CT (high-resolution) in 60 cases of stapediovestibular otosclerosis with surgical indications. **Acta Medica Portuguesa**, v. 8, n. 6, p. 335–40, 1995.

MIN, J. Y. *et al.* Otosclerosis: Incidence of positive findings on temporal bone computed tomography (TBCT) and audiometric correlation in Korean patients. **Auris Nasus Larynx**, v. 37, n. 1, p. 23–28, 2010.

MUDRY, A. Adam Politzer (1835-1920) and the description of otosclerosis. **Otology and Neurotology**, v. 27, n. 2, p. 276–281, 2006.

NAUMANN, I. C.; PORCELLINI, B.; FISCH, U. Otosclerosis: Incidence of positive findings on high-resolution computed tomography and their correlation to audiological test data. **The Annals of Otology, Rhinology and Laryngology**, v. 114, n. 9, p. 709–716, 2005.

NAZARIAN, R.; MCELVEEN, J. T.; ESHRAGHI, A. A. History of Otosclerosis and Stapes Surgery. **Otolaryngologic Clinics of North America**, v. 51, n. 2, p. 275–290, 2018.

PARAHY, C.; LINTHICUM, F. H. Jr. Otosclerosis: relationship of spiral ligament hyalinization to sensorineural hearing loss. **Laryngoscope**, v. 93, n.6, p. 717–720, 1983.

PNG, L. H. *et al.* Otosclerosis in a nonendemic population: Utility of CT scan and correlation with audiometry and surgical outcome. **Ear, Nose and Throat Journal**, v. 97, n. 6, p. 156–162, 2018.

QUESNEL, A. M. *et al.* Correlation of computed tomography with histopathology in otosclerosis. **Otology and Neurotology**, v. 34, n. 1, p. 22–28, 2013.

RUDIC, M. *et al.* The pathophysiology of otosclerosis: Review of current research. **Hearing Research**, v. 330, p. 51–56, 2015.

SCHUKNECHT, H. F. Cochlear otosclerosis. A continuing fantasy. **Archives of**

Otorhinolaryngology, v. 222, n. 2, p. 79–84, 1979.

SHIN, Y. J. *et al.* Sensorineural hearing loss and otosclerosis: A clinical and radiologic survey of 437 cases. **Acta Oto-Laryngologica**, v. 121, n. 2, p. 200–204, 2001.

SHIN, Y. J. *et al.* Reliability of CT scan in the diagnosis of conductive hearing loss with normal tympanic membrane. **Review Laryngology Otology Rhinology**, v. 122, n. 2, p. 81–84, 2001.

SWARTZ, J. D. *et al.* Cochlear otosclerosis (otospongiosis): CT analysis with audiometric correlation. **Radiology**, v. 155, n. 1, p. 147–150, 1985.

THYS, M.; CAMP, G. V. Genetics of otosclerosis. **Otology and Neurotology**, v. 30, n. 8, p. 1021–1032, 2009.

VALVASSORI, G. E.; DOBBEN, G. D. CT densitometry of the cochlear capsule in otosclerosis. **American Journal of Neuroradiology**, v. 6, n. 5, p. 661–667, 1985.

VARTIAINEN, E.; SAARI, T. Value of computed tomography (CT) in the diagnosis of cochlear otosclerosis. **Clinical Otolaryngology & Allied Sciences**, v. 18, n. 6, p. 462–464, 1993.

VEILLON, S. R.; EMACHESCU, B.; HABA, D., *et al.* Imaging of the windows of temporal bone. **Seminars in Ultrasound, CT, and MRI**, v. 22, n. 3, p. 271–280, 2001.

VICENTE, A. O. *et al.* Tomografia computadorizada no diagnóstico da otosclerose fenestral. **Revista Brasileira de Otorrinolaringologia**, v. 70, n. 1, p. 66–73, 2004.

VINCENT, R. *et al.* Surgical findings and long-term hearing results in 3,050 stapedotomies for primary otosclerosis: A prospective study with the otology-neurotology database. **Otology and Neurotology**, v. 27, n. 8, p. S25–47, 2006.

VIRK, J. S.; SINGH, A.; LINGAM, R. K. The Role of Imaging in the Diagnosis and Management of Otosclerosis. **Otology & Neurotology**, v. 34, n. 7, p. e55–e60, 2013. Disponível em: <<https://doi.org/10.1097/MAO.0b013e318298ac96>>. Acesso em: 14 nov. 2020.

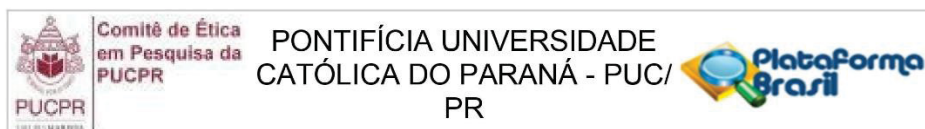
WEGNER, I. *et al.* A systematic review of the diagnostic value of CT imaging in diagnosing otosclerosis. **Otology and Neurotology**, v. 37, n. 1, p. 9–15, 2016.

WOLFOVITZ, A.; LUNTZ, M. Impact of Imaging in Management of Otosclerosis. **Otolaryngologic Clinics of North America**, v. 51, n. 2, p. 343–355, 2018.

WYCHERLY, B. J. *et al.* Computed tomography and otosclerosis: A practical method to correlate the sites affected to hearing loss. **The Annals of Otology, Rhinology and Laryngology**, v. 119, n. 12, p. 789–794, 2010.

ZHU, M-M. *et al.* Relationship between high-resolution computed tomography densitometry and audiometry in otosclerosis. **Auris Nasus Larynx**, v. 37, n. 6, p. 669–675, 2010.

ANEXO 1 – PARECER DO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA EM SERES HUMANOS DA PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: O ESTUDO DA CORRELAÇÃO DE ACHADOS AUDIOMÉTRICOS E TOMOGRÁFICOS EM PACIENTES COM OTOSPONGIOSE

Pesquisador: OTAVIO PEREIRA LIMA ZANINI

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 11898019.8.0000.0020

Instituição Proponente: Hospital Universitário Cajuru

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 3.327.384

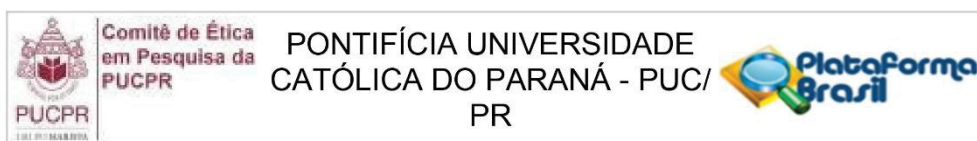
Apresentação do Projeto:

Segundo o pesquisador:

A otospongiose participa do espectro evolutivo da otosclerose, uma desordem óssea primária que acomete a cápsula ótica. O remodelamento ósseo anormal é característico, incluindo reabsorção e nova deposição óssea, assim como proliferação vascular no osso temporal. A doença pode comprometer a percepção auditiva de formas variáveis, conforme sua fisiopatologia com variáveis padrões de acometimento e extensão. Geralmente a doença resulta em perda auditiva condutiva progressiva devido à fixação do estribo, embora aproximadamente um terço dos pacientes possam desenvolver perdas mistas por dano concomitante à orelha interna.

O diagnóstico de otosclerose é presumido através de achados clínicos na história médica, exame físico e testes auditivos. No entanto, o diagnóstico final só é confirmado no intraoperatório com a confirmação e fixação do estribo. Os exames de imagem são complemento importante aos dados clínicos e audiométricos, sendo frequentemente críticos para corroborar diagnóstico correto e prevenir complicações. A tomografia de alta resolução sem contraste é a modalidade de escolha para a demonstração de lesões espongióticas próximas ao estribo e à cóclea. Alguns estudos prévios tentaram correlacionar estatisticamente os achados audiométricos e tomográficos, porém críticas podem ser feitas em relação às metodologias empregadas por alguns motivos, como não utilização de diagnóstico padrão-ouro, não avaliação do contato dos focos de otospongiose com o endóstio coclear, não correlação tonotópica dos focos com o tipo de perda auditiva e não

Endereço: Rua Imaculada Conceição 1155
Bairro: Prado Velho **CEP:** 80.215-901
UF: PR **Município:** CURITIBA
Telefone: (41)3271-2103 **Fax:** (41)3271-2103 **E-mail:** nep@pucpr.br



Continuação do Parecer: 3.327.384

avaliação do diâmetro de extensão do foco na região fenestral (próxima ao estribo).

Metodologia Proposta:

Estudo retrospectivo com avaliação e comparação de dados audiométricos e de imagens obtidas por Tomografia Computadorizada de Alta Resolução do osso temporal, que foram solicitados previamente como rotina na avaliação de candidatos à cirurgia de Estapedotomia. Os participantes da amostra serão os dados obtidos de pacientes submetidos previamente à cirurgia de Estapedotomia no Hospital Iguaçu de Curitiba com confirmação diagnóstica durante procedimento, que apresentavam no pré-operatório exame audiométrico com aferição de limiares de via aérea e via óssea na orelha acometida e achados tomográficos apresentando focos de Otospongiose confirmada, todos realizados através de método padrão.

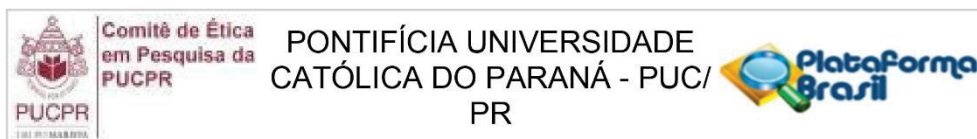
Exames tomográficos, audiológicos e prontuários de cerca de 60 pacientes do sexo masculino ou feminino que foram submetidos previamente à cirurgia de estapedotomia com confirmação intra-operatória do diagnóstico de otosclerose no Hospital Iguaçu no período de 2010-2018, com tomografia computadorizada de alta resolução realizada no Centro Avançado de Diagnóstico por Imagem de Curitiba (DAPI).

As variáveis demográficas analisadas incluirão idade, sexo e lado acometido. Como achados audiométricos, serão coletados os dados do audiograma por via aérea, via óssea e o gap aero-ósseo nas frequências de 0,5khz, 1khz, 2khz e 3khz. Na avaliação tomográfica serão incluídos os dados topográficos relativos ao acometimento por otospongiose nos sítios da fissula ante fenestram, endósteo do vestíbulo, endósteo das espiras basal, média e apical da cóclea, assim como o diâmetro do foco otospongiótico aferido na fissula ante fenestram. A análise estatística será realizada comparando os dados demográficos, audiométricos e tomográficos.

Critério de Inclusão:

Exames tomográficos, audiológicos e prontuários de pacientes do sexo masculino ou feminino que foram

Endereço: Rua Imaculada Conceição 1155
Bairro: Prado Velho **CEP:** 80.215-901
UF: PR **Município:** CURITIBA
Telefone: (41)3271-2103 **Fax:** (41)3271-2103 **E-mail:** nep@pucpr.br



Continuação do Parecer: 3.327.384

submetidos previamente à cirurgia de estapedotomia com confirmação intra-operatória do diagnóstico de otosclerose no Hospital Iguaçu no período de 2010-2018, com tomografia computadorizada de alta resolução realizada no Centro Avançado de Diagnóstico por Imagem de Curitiba (DAPI).

Critério de Exclusão:

Serão excluídos da amostra os dados de prontuário de pacientes sem diagnóstico confirmado previamente em intra-operatório de pacientes submetidos à cirurgia de estapedotomia. Serão excluídos da amostra os dados de exames audiométricos realizados fora das dependências do Hospital Iguaçu. Serão excluídos da amostra os dados de exames de tomografia realizados fora das dependências do Centro Avançado de Diagnóstico por Imagem de Curitiba (DAPI).

Objetivo da Pesquisa:

Segundo o pesquisador:

Objetivo Primário:

O objetivo deste estudo é tentar correlacionar os dados audiométricos e tomográficos de pacientes com diagnóstico de otospongiose.

Objetivo Secundário:

Avaliar se o diâmetro do foco de otospongiose observado nos exames de tomografia computadorizada tem correlação estatística com o gap aeroósseo observado na audiometria. Testar estatisticamente a possível correlação entre o acometimento do endósteo coclear com a redução de limiar aferido em via óssea no teste audiométrico.

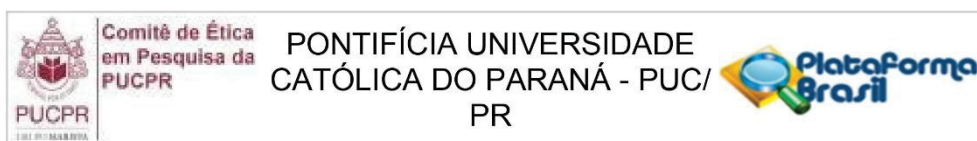
Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Riscos:

Existe o risco na realização da pesquisa de perda de confidencialidade em função de constar o nome dos pacientes nos prontuários, exames tomográficos e audiológicos. Utilizaremos inicialmente as iniciais dos pacientes na tabela de coleta de dados, e depois na análise dos resultados não será necessário o uso nem das iniciais.

Benefícios:

Endereço: Rua Imaculada Conceição 1155	
Bairro: Prado Velho	CEP: 80.215-901
UF: PR	Município: CURITIBA
Telefone: (41)3271-2103	Fax: (41)3271-2103 E-mail: nep@pucpr.br



Continuação do Parecer: 3.327.384

Indiretos.

O benefício será determinar possível correlação entre os achados audiométricos e tomográficos, procurando associá-los a fatores de fisiopatogenia da perda auditiva na doença e orientando a condução terapêutica dos pacientes com otosclerose.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Pesquisa relevante e embasada cientificamente.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Os Termos de apresentação obrigatória estão adequados

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

As pendências foram atendidas.

Considerações Finais a critério do CEP:

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1332636.pdf	25/04/2019 17:49:50		Aceito
Outros	concordancia2.pdf	25/04/2019 17:49:36	OTAVIO PEREIRA LIMA ZANINI	Aceito
Outros	concordancia1.pdf	25/04/2019 17:48:47	OTAVIO PEREIRA LIMA ZANINI	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto.pdf	15/04/2019 09:46:52	OTAVIO PEREIRA LIMA ZANINI	Aceito
Outros	TCUD.pdf	15/04/2019 09:44:54	OTAVIO PEREIRA LIMA ZANINI	Aceito
Folha de Rosto	FOLHA_ROSTO.pdf	15/04/2019 09:44:05	OTAVIO PEREIRA LIMA ZANINI	Aceito

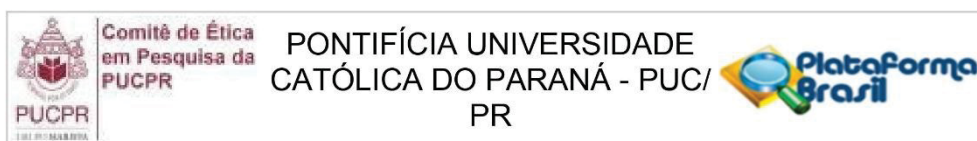
Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

Endereço: Rua Imaculada Conceição 1155
Bairro: Prado Velho **CEP:** 80.215-901
UF: PR **Município:** CURITIBA
Telefone: (41)3271-2103 **Fax:** (41)3271-2103 **E-mail:** nep@pucpr.br



Continuação do Parecer: 3.327.384

CURITIBA, 15 de Maio de 2019

Assinado por:
NAIM AKEL FILHO
(Coordenador(a))

Endereço: Rua Imaculada Conceição 1155
Bairro: Prado Velho **CEP:** 80.215-901
UF: PR **Município:** CURITIBA
Telefone: (41)3271-2103 **Fax:** (41)3271-2103 **E-mail:** nep@pucpr.br

**PRODUÇÃO ACADÊMICA - ARTIGO CIENTÍFICO PUBLICADO NA REVISTA THE
JOURNAL OF LARYNGOLOGY AND OTOTOLOGY**

DOI 10.1017/S0022215122001608

*High-Resolution Computed Tomography and Pure-Tone Audiometry in Patients with
Otosclerosis in the Spongiotic Phase*

Otávio Pereira Lima Zanini (MD), Luiz Otávio de Mattos Coelho (MD), Rogério
Hamerschmidt (MD, PhD), Maurício Buschle (MD, PhD), Jorge Fouto Matias (MD,
PhD)

Abstract

Introduction: There is no consensus in the literature regarding the relationship between high-resolution computed tomography (HRCT) findings and hearing thresholds in pure-tone audiometry in otosclerosis. *Objectives:* To evaluate the association between HRCT findings and pure-tone audiometry in otosclerosis in the spongiotic phase. *Material and Methods:* Cross-sectional study including 57 ears with surgically confirmed stapes fixation and tomographic findings. Air conduction and bone conduction thresholds on audiometry and air-bone gap were analyzed. *Results:* There was no correlation between sites affected by otospongiosis and air conduction threshold, bone conduction threshold, or air-bone gap in the analyzed tomographic images, but the diameter of the otospongiotic focus was greater in the presence of extension of the otospongiotic foci to the cochlear endosteum (ECE). *Conclusion:* There was no relevant association between HRCT findings and pure-tone audiometric measurements. Notably, the diameter of the otospongiotic focus was greater in the presence of ECE.

Keywords: Otosclerosis. Otospongiosis. High-resolution computed axial tomography. Pure-tone audiometry.

Introduction

High-resolution computed tomography (HRCT) of the temporal bone using parameters specific for bone and millimetric sections is the imaging method of choice to evaluate morphologic and topographic characteristics and activity of otospongiotic foci in otosclerosis and establish a differential diagnosis between otosclerosis and other diseases with similar clinical manifestations^{1,2,3}. This imaging method reveals with precision the presence of active or spongiotic otosclerotic lesions caused by bone demineralization, including hypodense (single, multiple, or confluent) foci in the otic capsule¹. Despite correlating well with histological changes in otosclerosis, HRCT has limitations in detecting the inactive (sclerotic) phase of otosclerosis when the density of the lesion is similar to that of the normal otic capsule^{4,5}.

Some studies have evaluated the association of HRCT findings and audiometric data in patients with otospongiosis. Since the 1970s, studies have shown controversial results in this regard, with some not even considering such association⁶⁻¹⁰, suggesting that it only occurs in the presence of demineralization. In contrast, other studies have shown otospongiotic foci to be responsible for sensorineural hearing loss, suggesting an association between their location and pure-tone audiometry measures¹¹⁻²¹. Of note, Png *et al.*²² have recently found no relationship between tomographic and audiometric findings in this setting. These conflicting results may be due to different sample sizes or phases of otosclerosis across the studies and diverse ethnicities in the populations studied.

Based on these considerations, the primary aim of this study was to evaluate the association between pure-tone audiometry measures and tomographic findings in otospongiosis. Secondary aims of the study included the analysis of associations between pure-tone audiometry measures and (a) distribution of otospongiotic foci, (b)

extension of the otospongiotic foci to the cochlear endosteum (ECE), and (c) diameter of the spongiotic foci.

Material and Methods

The study protocol was approved by the Human Research Ethics Committee of *Pontifícia Universidade Católica do Paraná*, Brazil (protocol number 3.327.384, on 05/15/2019).

This cross-sectional, retrospective study consisted of a review of medical records of patients who had undergone stapedotomy and had otospongiosis confirmed during the procedure. The surgeries were performed between 2010 and 2018 at a specialized hospital in southern Brazil. Collected data included information on pure-tone audiometry measures and images obtained by HRCT scanning of the temporal bone, all of which were conducted at the same diagnostic center. Thus, the inclusion criteria comprised the following: (a) patients undergoing stapedotomy who had undergone pure-tone audiometric evaluation and HRCT scanning of the temporal bone during preoperative evaluation, (b) audiogram with measurement of air conduction and bone conduction thresholds, and (c) tomographic findings with confirmed presence of otospongiotic foci. Patients were excluded if they had undergone audiometric or tomographic evaluation at a diagnostic center other than the study site. Of 173 ears submitted to stapedotomy during the study period, 57 ears (36 patients) fulfilled the criteria for inclusion.

The minimum thresholds for detecting pure tones were assessed and recorded in audiograms using air and bone conduction and air-bone gap at the frequencies of 0.5 kHz, 1 kHz, 2 kHz, and 4 kHz. Air conduction testing measured the audiometric thresholds at the frequencies of 0.25 kHz, 0.5 kHz, 1 kHz, 2 kHz, 3 kHz, 4 kHz, 6 kHz, and 8 kHz. Bone conduction testing measured the thresholds at 0.5

kHz, 1 kHz, 2 kHz, 3 kHz, and 4 kHz. The air-bone gap was calculated as the difference between the air conduction threshold and the bone conduction threshold. The calculation also included the four-tone average of air conduction threshold, bone conduction threshold, and air-bone gap at the frequencies of 0.5 kHz, 1 kHz, 2 kHz, and 4 kHz.

The tomographic evaluation included topographic information related to otospongiotic involvement of the *fissula ante fenestram* (FAF), stapes, and vestibule; ECE in the basal turn (BT), middle turn (MT), and apical turn (AT); and largest diameter of the otospongiotic focus (Figure 1).

The tomographic images, obtained using volumetric acquisitions with 0.625-mm axial section thickness, were read by a radiologist experienced in temporal bone analysis blinded to the audiometric results.

The analysis included the frequency of otospongiotic foci, ECE and association with air and bone conduction audiometry, air-bone gap, diameter of the otospongiotic foci, four-tone average, and hearing loss.

Statistical Analysis

Measures of central tendency and dispersion are expressed as mean and standard deviation values (mean $\pm$ SD) and, for asymmetrical distribution, median and interquartile range values (median, IQR). The assumption of normality was assessed using the Shapiro-Wilk test.

Statistical analyses were performed using Student's *t* test, factorial ANOVA, ANOVA for repeated measures with *post hoc* Duncan's test, Kruskal-Wallis ANOVA with *post hoc* Mann-Whitney test, and Pearson's correlation. The sample size was estimated considering a test power of 95%, a significance level of 5%, a magnitude of effect of 15 points, and a standard deviation of 15 points, yielding a minimum

sample size of 45 ears.

Results and Analysis

The study included 36 patients with a mean age of 45.3 ± 12.0 years and 19 (52.8%) women. The HRCT scan indicated otospongiosis in both ears in 21 patients and in a single ear in 15 of them, including seven in the right and eight in the left ear. In the 57 ears, otospongiosis was identified in the right ear in 28 (49.1%) cases and in the left ear in 29 (50.9%) of them.

An otospongiotic focus was identified in the FAF in 52 ears (91.2%), in the vestibule in 52 ears (91.2%), and in the stapes in four ears (7.0%). ECE was not observed in 30 ears (52.6%) and was seen in 27 of them (47.4%). Extension to the BT, MT, and AT were observed in 25 (43.8%), 15 (26.3%), and two (3.5%) ears, respectively.

There were no differences in air conduction or bone conduction audiograms related to the presence or absence of a focus in the FAF or in contact with the EV, BT, or MT ($p > 0.05$).

The diameter of the spongiotic focus was smaller than 0.7–1.3 mm in the absence of ECE ($p = 0.01$) (Table 1). Thus, the probability of ECE increased with increasing spongiotic focus diameter (Graph 1).

In the presence vs. absence of ECE, similar four-tone average results were observed regarding air conduction thresholds (50.4 ± 14.6 vs. 51.0 ± 15.5 , respectively, $p = 0.87$) and bone conduction thresholds (25.7 ± 9.0 vs. 25.2 ± 8.6 , respectively, $p = 0.81$). The four-tone average of both air and bone conduction thresholds were also similar in the presence or absence of spongiotic foci in the stapes ($p = 0.76$).

The hearing loss was comparable in ears with or without ECE ($p > 0.05$)

(Graph 2). As shown in Graph 3, no differences were observed regarding the four-tone average of air and bone conduction thresholds or air-bone gap between these groups ($p > 0.05$).

Additionally, no significant differences were observed between the groups in the analysis of air conduction and bone conduction thresholds according to the presence or absence of involvement of the otospongiotic foci in the endosteum of any pericochlear topography (BT, MT, or AT) (Graph 4).

There was no tonotopic association between the topography of the otospongiotic foci and sensory damage ($p > 0.05$) (Table 2).

Discussion

The present study found no association between HRCT findings and pure-tone audiometry measures in otospongiosis. However, a relationship was observed between the diameter of the otospongiotic focus and the presence of ECE, with a greater probability of ECE with an increased diameter of the otospongiotic focus.

There is a paucity of studies in the literature correlating audiometric and tomographic data in patients with otosclerosis. Such studies are heterogeneous in some respects, for example, regarding the use of different diagnostic methods and correlation of varying audiometric and tomographic parameters²³⁻³³.

Data in the literature showing a relationship between HRCT and audiometric findings are conflicting. This applies to both the conductive hearing loss component and the sensory ability affected by possible damage to the cochlea.

The present study analyzed retrospectively collected audiometric and tomographic data from patients with otosclerosis. Patients included in the sample had a diagnostic confirmation during surgery for stapes fixation. They also had positive signs of otosclerosis in the otospongiotic phase on HRCT evaluation. The study

sample included data from 36 patients with 57 ears with otospongiosis.

Studies from the 20th century (Schuknecht⁶, in 1979; Elonka & Applebaum⁷, in 1981; Swartz *et al.*¹⁴, in 1985; Maurício *et al.*³⁴, in 1995; Güneri *et al.*¹⁷, in 1996) and from the beginning of the 21st century (Shin *et al.*¹⁸, in 2001; Kiyomizu *et al.*¹⁹, in 2004; Grayeli *et al.*⁸, in 2004; Naumann *et al.*, Porcellini, and Fisch⁹, in 2005; Kawase *et al.*, in 2006⁴; Lagleyre *et al.*²¹ in 2009; Zhu *et al.*¹⁰ in 2010; and Marx *et al.*²¹ in 2011) point to a tonotopic correlation between areas of pericochlear bone demineralization and hearing loss in otosclerosis.

More recently, Dudau *et al.*³⁵ published a retrospective review of 259 patients with tomographic scanning performed due to suspected otosclerosis. The study found no association between isolated topographic involvement by otosclerosis and audiometric data. However, when cases with multiple and simultaneous topographic involvements were analyzed, especially when the endosteum and the round window were involved, some associations between audiometric and tomographic data were identified. In their retrospective study, carried out in a population without endemic otosclerosis. Png *et al.*²² found no significant correlation between the densitometry of the foci on HRCT and the audiometric findings of average air conduction threshold, bone conduction threshold, or air-bone gap.

There is still no consensus in the literature regarding the ability of tomographic imaging in predicting audiometric threshold information in otosclerosis. Although the pathophysiology of the disease in terms of leading to hearing loss is known, the application of this knowledge to infer the results from imaging studies remains imprecise.

Some characteristics of the present study are different from those of the studies mentioned above. The sample included only patients with a confirmed

diagnosis of the disease (which was done intraoperatively). Furthermore, only cases in which the spongiotic phase was detected by the imaging test were considered for inclusion in the sample. The study attempted to characterize the sample considering different involved topographies, in which there was clear contact of the otospongiotic focus with the endosteum of the inner ear in the analyzed pericochlear regions. The data analysis was performed under the perspective of cochlear tonotopy.

No significant association was demonstrated for most of the audiometric and tomographic data analyzed. In the present study, HRCT and its findings regarding the otospongiotic phase of the disease were unable to predict a greater air-bone gap or higher averages in air conduction or bone conduction hearing thresholds.

A possible explanation for the absence of relevant findings in the analyzed variables is that, on tomographic evaluation of otosclerosis, it is easy to detect the spongiotic phase but difficult to detect the sclerotic phase of the disease. The lesions in the sclerotic phase are usually isodense on tomographic images and only identified when generating significant changes, remodeling the structures of the otic capsule.

Conclusion

In the sample analyzed in the present study, there was no relevant association between HRCT findings and pure-tone audiometric evaluation or average air-bone gap. However, it was observed a greater diameter of the otospongiotic focus in the presence of ECE and an increased probability of ECE with increasing diameter of the otospongiotic focus.

Acknowledgments

The authors would like to express their gratitude to the Hospital Iguaçu® and the Center for Advanced Diagnostic Imaging (DAPI®).

Financial Support

This research received no specific grant from any funding agency in the commercial or not-for-profit sector.

Ethical Standards

The authors declare that all procedures contributing to this work comply with the ethical standards of the relevant national and institutional guidelines on human research (Human Research Ethics Committee, protocol number 3.327.384/May 15, 2019) and with the 2008 revision of the Declaration of Helsinki.

References

1. Vicente AO, Penido NO, Yamashita HK, Albernaz PLM. Tomografia computadorizada no diagnóstico da otosclerose fenestral. *Rev Bras Otorrinolaringol* 2004;70:66-73.
2. Amaro CE, Montemor R, Nascimento S, Ribeiro S, Baptista SV, Barros E. Otosclerose. Correlação clínica e imagiológica. *Port J ORL* 2010;48:1-7.
3. Berrettini S, Ravecca F, Volterrani D, Neri E, Forli F. Imaging evaluation in otosclerosis: Single photon emission computed tomography and computed tomography. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 2010;119:215-224.
4. Kawase S, Naganawa S, Sone M, Ikeda M, Ishigaki T. Relationship between CT densitometry with a slice thickness of 0.5 mm and audiometry in otosclerosis. *Eur Radiol* 2006;16:1367-1373.
5. Wycherly BJ, Berkowitz F, Noone A-M, Kim HF. Computed tomography and otosclerosis: A practical method to correlate the sites affected to hearing loss. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 2010;119:789-794.
6. Schuknecht HF. Cochlear otosclerosis. A continuing fantasy. *Arch Otorhinolaryngol* 1979;222:79-84.
7. Elonka DR, Applebaum EL. Otosclerotic involvement of the cochlea: a histologic and audiologic study. *Otolaryngol Head Neck Surg* 1981;89:343-351.
8. Grayeli AB, Yrieix CS, Imauchi Y, Cyna-Gorse F, Sterkers O. Temporal bone density measurements using CT in otosclerosis. *Acta Otolaryngol* 2004;124:1136-1140.

9. Naumann IC, Porcellini B, Fisch U. Otosclerosis: Incidence of positive findings on high-resolution computed tomography and their correlation to audiological test data. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 2005;114:709-716.
10. Zhu M-M, Sha Y, Zhuang P-Y, Olszewski AE, Jiang J-Q, Xu J-H, et al. Relationship between high-resolution computed tomography densitometry and audiometry in otosclerosis. *Auris Nasus Larynx* 2010;37:669-675.
11. Parahy C, Linthicum FH. Jr. Otosclerosis: relationship of spiral ligament hyalinization to sensorineural hearing loss. *Laryngoscope* 1983;93:717-720.
12. Damsma H, Groot JA, Zonneveld FW, Waes PF, Huizing EH. CT of cochlear otosclerosis (otospongiosis). *Radiol Clin North Am* 1984;22:37-43.
13. Valvassori GE, Dobben GD. CT densitometry of the cochlear capsule in otosclerosis. *Am J Neuroradiol* 1985;6:661-667.
14. Swartz JD, Mandell DW, Berman SE, Wolfson RJ, Marlowe FI, Popky GL. Cochlear otosclerosis (otospongiosis): CT analysis with audiometric correlation. *Radiology* 1985;155:147-150.
15. De Groot JA, Huizing EH. Densitometry of the cochlear capsule and correlation between bone density loss and bone conduction hearing loss in otosclerosis. *Acta Otolaryngol* 1987;103:464-468.
16. Hueb MM, Goycoolea MV, Paparella MM, Oliveira JA. Otosclerosis: the University of Minnesota temporal bone collection. *Otolaryngol Head Neck Surg* 1991;105:396-405.
17. Güneri EA, Ada E, Ceryan K, Güneri A. High-Resolution Computed Tomographic Evaluation of the Cochlear Capsule in Otosclerosis: Relationship between

- Densitometry and Sensorineural Hearing Loss. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 1996;105:659-664.
18. Shin YJ, Fraysse B, Deguine O, Cognard C, Charlet JP, Sévely A. Sensorineural hearing loss and otosclerosis: A clinical and radiologic survey of 437 cases. *Acta Oto-Laryngol* 2001;121:200-204.
 19. Kiyomizu K, Tono T, Yang D, Haruta A. Correlation of CT analysis and audiometry in Japanese otosclerosis. *Auris Nasus Larynx* 2004;31:125-129.
 20. Fraysse B. Why do we include CT scanning in the evaluation of otosclerosis patients? *ORL J Otorhinolaryngol Relat Spec* 2010;72:168-169.
 21. Marx M, Lagleyre S, Escudé B, Demeslay J, Elhadi T, Deguine O, Fraysse B. Correlations between CT scan findings and hearing thresholds in otosclerosis. *Acta Otolaryngol* 2011;131:351-357.
 22. Png LH, Pang J-Y, Karandikar A, Goh JP, Yeo SB, Yuen HW. Otosclerosis in a nonendemic population: Utility of CT scan and correlation with audiometry and surgical outcome. *Ear Nose Throat J* 2018;97:156-162.
 23. Quesnel AM, Moonis G, Appel J, O'Malley JT, McKenna MJ, Curtin HD, Merchant SN. Correlation of computed tomography with histopathology in otosclerosis. *Otol Neurotol* 2013;34:22-28.
 24. Declau F, Spaendonck MV, Timmersmans JP, Michaels L, Liang J, Qiu JP, Heyning PV. Prevalence of Otosclerosis in an Unselected Series of Temporal Bones. *Otol Neurotol* 2001;22:596-602.
 25. Crompton M, Cadge BA, Ziff JL, Mowat AJ, Nash R, Lavy JA, et al. The Epidemiology of Otosclerosis in a British Cohort. *Otol Neurotol* 2019;40:22-30.

26. Vincent R, Sperling NM, Oates J, Jindal M. Surgical findings and long-term hearing results in 3,050 stapedotomies for primary otosclerosis: A prospective study with the otology-neurotology database. *Otol Neurotol* 2006;27:S25-47.
27. Virk JS, Singh A, Lingam RK. The Role of Imaging in the Diagnosis and Management of Otosclerosis. *Otol Neurotol* 2013;34:e55-e60.
28. Lagleyre S, Sorrentino T, Calmels M-N, Shin Y-J, Escudé B, Deguine O, et al. Reliability of high-resolution CT scan in diagnosis of otosclerosis. *Otol Neurotol* 2009;30:1152-1159.
29. Wolfovitz A, Luntz M. Impact of Imaging in Management of Otosclerosis. *Otolaryngol Clin North Am* 2018;51:343-355.
30. Gaiotti JO, Gomes ND, Costa AMD, Laurita C, Villela BC, Moreira W, et al. Diagnóstico tomográfico e aspectos relevantes da otosclerose. *Radiol Bras* 2013;46:307-312.
31. Vartiainen E, Saari T. Value of computed tomography (CT) in the diagnosis of cochlear otosclerosis. *Clin Otolaryngol Allied Sci* 1993;18:462-464.
32. Min J-Y, Chung W-H, Lee WY, Cho YS, Hong SH, Kim HJ, Lee H-S. Otosclerosis: Incidence of positive findings on temporal bone computed tomography (TBCT) and audiometric correlation in Korean patients. *Auris Nasus Larynx* 2010;37:23-28.
33. Karosi T, Csomor P, Sziklai I. The value of HRCT in stapes fixations corresponding to hearing thresholds and histologic findings. *Otol Neurotol* 2012;33:1300-1307.

34. Mauricio JC, Biscoito L, Branco G, Medina P. CT (high-resolution) in 60 cases of stapediovestibular otosclerosis with surgical indications. *Acta Med Port* 1995;8:335-40.
35. Dudau C, Salim F, Jiang D, Connor SEJ. Diagnostic efficacy and therapeutic impact of computed tomography in the evaluation of clinically suspected otosclerosis. *Eur Radiol* 2017;27:1195-1201.

Summary

What is already known:

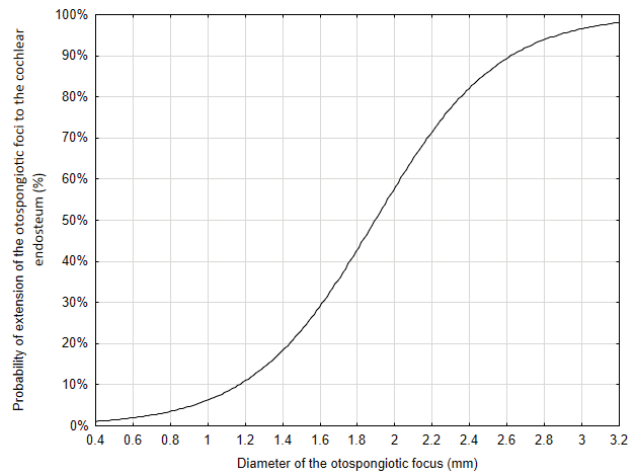
- Despite the established knowledge regarding the pathophysiology of otosclerosis in inducing hearing loss, there is no consensus in the literature regarding the relationship between high-resolution computed tomography and hearing thresholds in pure-tone audiometry.

What this paper adds:

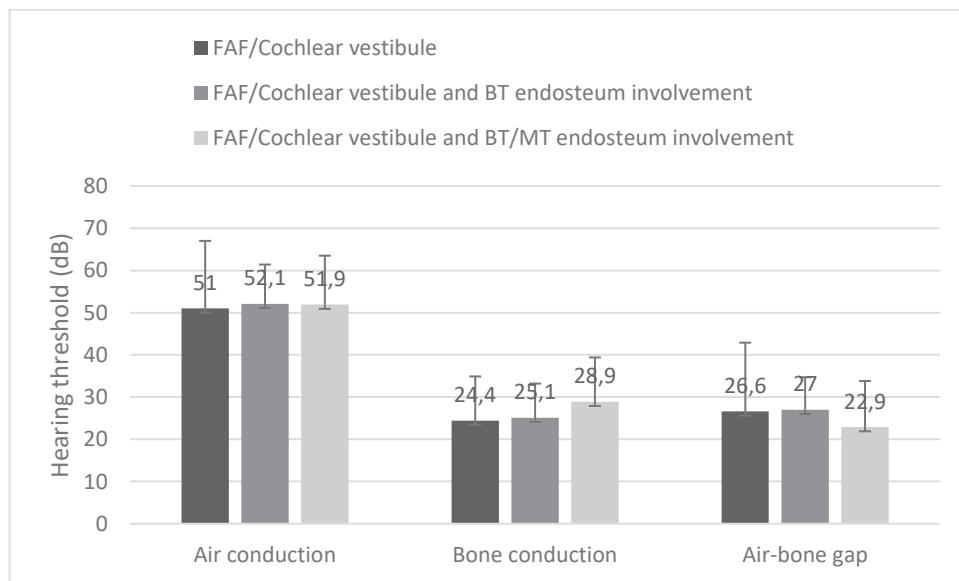
- The analysis of imaging data in otosclerosis, in cases of otospongiotic foci confirmed by tomography, showed no significant correlation with the audiometric results of air and bone conduction thresholds or air-bone gap. However, it was observed a greater diameter of the otospongiotic focus in the presence of foci extension to the cochlear endosteum and an increased probability of endosteum involvement with increasing diameter of the otospongiotic focus.

Graphs and Tables

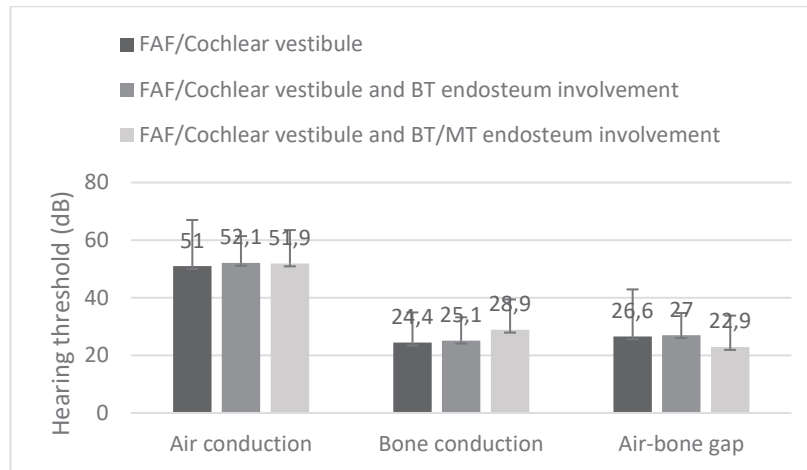
Graphs



Graph 1 – Probability of extension of the otospongiotic foci to the cochlear endosteum according to the diameter of the otospongiotic focus
Note: univariate logistic regression, $p < 0.001$.

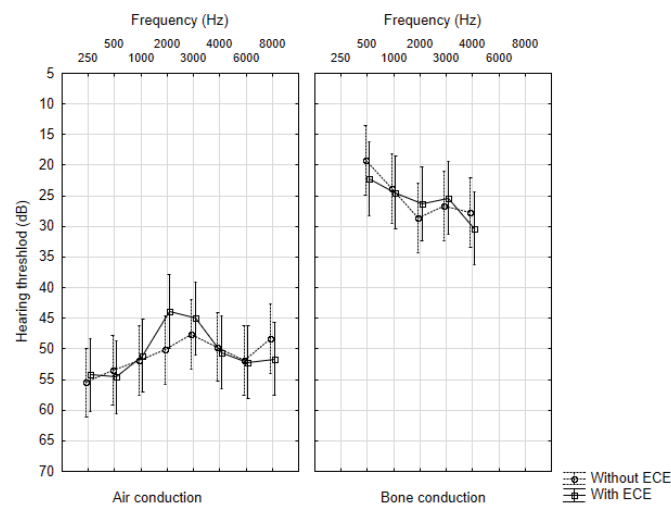


Graph 2 – Air-bone gap and location of the otospongiotic focus
Note: One-way ANOVA. 500 Hz, $p = 0.76$; 1000 Hz, $p = 0.58$; 2000 Hz, $p = 0.47$; 3000 Hz, $p = 0.24$; 4000 Hz, $p = 0.76$. FAF/Cochlear vestibule, $n = 24$; FAF/Cochlear vestibule and BT endosteum involvement, $n = 12$; FAF/Cochlear vestibule and BT/MT endosteum involvement, $n = 12$. Abbreviations: FAF, *fissula ante fenestram*; BT, basal turn of the cochlea; MT, middle turn of the cochlea.



Graph 3 – Four-tone average (0.5 – 4 kHz) of air and bone conduction thresholds and air-bone gap according to the topography of the otospongiotic focus

Note: One-way ANOVA: $p > 0.05$. FAF/Cochlear vestibule, $n = 24$. FAF/Cochlear vestibule and BT endosteum involvement, $n = 12$; FAF/Cochlear vestibule and BT/MT endosteum involvement, $n = 12$. Abbreviations: FAF, *fissula ante fenestram*; BT, basal turn of the cochlea; MT, middle turn of the cochlea.



Graph 4 – Air conduction and bone conduction audiograms according to the involvement of the cochlear endosteum (extension of the otospongiotic foci to the cochlear endosteum, ECE).

Note: Comparison between patients without and with cochlear endosteum involvement (ECE). ANOVA for repeated measures, $p > 0.05$.

Tables

Table 1 - Diameter of the otospongiotic focus according to the topography of the focus

Topography	Diameter (mm)*
FAF/Cochlear vestibule	1.40 (1.20-1.80)
FAF/Cochlear vestibule and BT endosteum involvement	2.10 (1.50-2.50)
FAF/Cochlear vestibule and BT/MT endosteum involvement	2.70 (2.10-2.80)
Overall	1.90 (1.30-2.50)

Note: *Median and interquartile range. Kruskal-Wallis ANOVA, $p = 0.01$. *Post hoc* Mann-Whitney test, diameter of the otospongiotic focus without extension to the CE < diameter of the otospongiotic focus with extension to the CE. Abbreviations: FAF, *fissula ante fenestram*; CE, cochlear endosteum; BT, basal turn; MT, middle turn.

Table 2 – Tonotopic association between the topography of the otospongiotic focus and sensory damage

Otospongiotic Focus	Without a Focus	With a Focus	p
BT 4 KVO	25.0 (15-35)	30.0 (20-40)	0.14
BT 8 KVA	42.5 (32.5-65)	50.0 (40-70)	0.37
MT 1 KVO	25.0 (20-30)	25.0 (20-30)	0.84
MT 2 KVO	25.0 (20-40)	20.0 (20-35)	0.54

Note: Mann-Whitney test. Abbreviations: BT, basal turn; MT, middle turn; AT, apical turn.

Illustrations

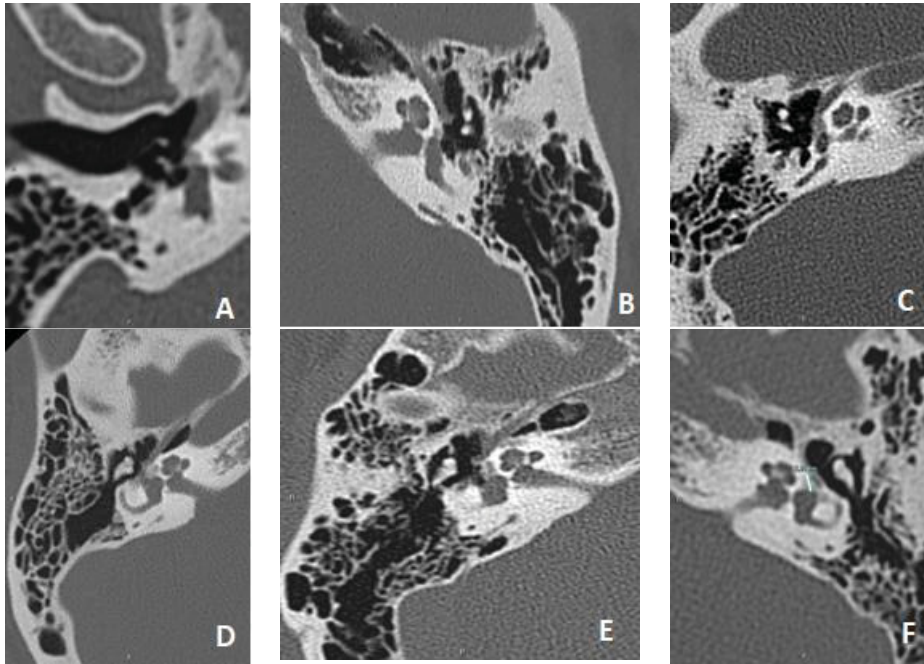


Figure 1 - Otospongiotic focus affecting the *fissula ante fenestram* (a), contact of the otospongiotic focus with the endosteum of the vestibule (b), contact of the otospongiotic focus with the endosteum of the basal turn of the cochlea (c), contact of the otospongiotic focus with the endosteum of the middle turn of the cochlea (d), contact of the otospongiotic focus with the endosteum of the apical turn of the cochlea (e), measurement of the largest diameter of the otospongiotic focus (f).