

Perspetivas Terapêuticas na Otosclerose: Tratamento Cirúrgico versus Prótese Auditiva um Estudo Retrospectivo Observacional

Therapeutic Perspectives in Otosclerosis: Surgical Treatment versus Hearing Aids - a Retrospective Observational Study

Miguel Ângelo Amorim^{1,2*} , Ana-Luís Santos² , Ana-Isabel Neto² , David Tomé² 

¹Serviço de Otorrinolaringologia, Unidade Local de Saúde do Médio Ave, Portugal

²Departamento de Audiologia, Centro de Investigação em Reabilitação (CiR), Escola Superior de Saúde, Instituto Politécnico do Porto (E2S-P.Porto), Porto, Portugal

*Autor correspondente/Corresponding author: miguelangelo@chma.min-saude.pt

Recebido/Received: 19-06-2024; Revisto/Revised: 28-08-2024; Aceite/Accepted: 22-10-2024

Resumo

A Otosclerose é uma das causas de perda auditiva de transmissão mais frequente no adulto, existindo dois tipos de reabilitação, cirurgia ou colocação de prótese auditiva. **Objetivo:** Avaliar os resultados de cirurgia e da adaptação protésica na otosclerose, confrontando as duas opções na redução do *air-bone gap*. **Métodos:** Para este estudo, selecionaram-se 64 pacientes, 46 dos quais da lista de cirurgia do serviço de ORL do Hospital S. João de Deus, tendo os restantes 18 colocado prótese auditiva. **Resultados:** A cirurgia foi realizada em 71,9% dos casos e a colocação de prótese auditiva em 28,1%, verificando-se resultados médios, na redução do *air-bone gap* melhores nos pacientes que foram submetidos a cirurgia. **Conclusão:** Concluiu-se que a cirurgia foi a técnica de reabilitação mais eficaz na redução ao *air-bone gap*.

Palavras-chave: Otosclerose; Prótese Auditiva; Estapedotomia; Estapedectomia; *air-bone gap*.

Abstract

Introduction: Otosclerosis is one of the causes of transmission hearing loss in adults, there are two types of rehabilitation, surgery or hearing aids use. **Objective:** Evaluate the results of rehabilitation with surgery and hearing aids use in otosclerosis treatment, comparing it with the reduction of *air-bone gap*. **Method:** For this study were selected 64 patients, 46 of them in the list of surgical treatment in ENT department of Hospital S. João de Deus, 18 patients were rehabilitated with hearing aids. **Results:** Surgery was performed in 71,9% of the cases and hearing aids use in 28,1%, shown medium results in reduction of *air-bone gap* better in patients with surgical treatment. **Conclusion:** Surgery was the rehabilitation technic more efficient reducing *air-bone gap*.

Keywords: Otosclerosis; Hearing Aids; Stapedotomy; Stapedectomy; *air-bone gap*.

1. INTRODUÇÃO

A otosclerose é uma doença caracterizada por uma osteodistrofia primitiva da cápsula ótica e consequente anquilose da platina do estribo na janela oval e, por vezes, posterior destruição dos elementos sensoriais da cóclea, específica da espécie humana, ocorrendo mais frequentemente no género feminino (2/3 dos casos) entre os 20 e 40 anos na raça caucasiana (House, 1993; Lundman et al., 2020). Tem uma etiologia desconhecida, existindo, no entanto, várias causas para a explicar. Atualmente, as três mais consensuais são a viral, a hormonal e a predisposição genética com transmissão hereditária dominante em 50 a 60% dos casos (Thomas et al., 2011). O processo etiopatológico inicia-se frente da extremidade anterior da janela oval (localização mais frequente dos focos de otosclerose), começando pela formação de uma área de tecido conjuntivo em forma de fuso envolvida por remanescentes de cartilagem embrionária (*globuli interossei*). É

1. INTRODUCTION

Otosclerosis is a disease characterised by primitive osteodystrophy of the otic capsule and consequent ankylosis of the stapes footplate in the oval window and, sometimes, subsequent destruction of the sensory elements of the cochlea, specific to the human species, occurring more frequently in females (2/3 of cases) between the ages of 20 and 40 in the Caucasian race (House, 1993; Lundman et al., 2020). Its aetiology is unknown, but there are several theories to explain it. Currently, the three most consensual are viral, hormonal and genetic predisposition with dominant hereditary transmission in 50 to 60% of cases (Thomas et al., 2011). The etiopathological process begins in front of the anterior end of the oval window (the most frequent location of otosclerosis foci), starting with the formation of a spindle-shaped area of connective tissue surrounded by remnants of embryonic cartilage (*globuli interossei*). It is when the *globuli interossei* develop into adult bone tissue that hyperostosis occurs, invading the anterior contour of the oval window and producing progressive

da evolução dos *globuli interossei* para tecido ósseo adulto que se produzem hiperostoses que invadem o contorno anterior da janela oval produzindo anquilose progressiva da platina do estribo (House, 1993; Penha, 1998).

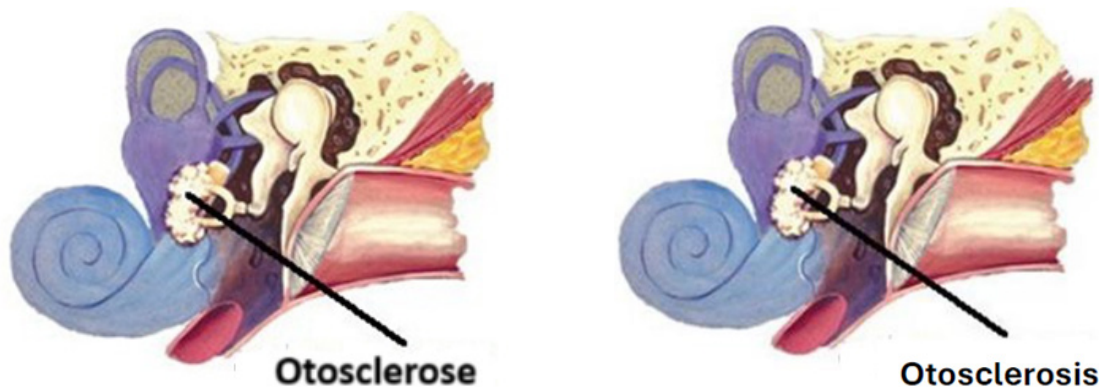
Consideram-se habitualmente três fases na evolução histopatológica da doença (Mansour et al., 2021; Fig.1):

- Fase osteóide
- Otospongiose
- Otosclerose

ankylosis of the stapes footplate (House, 1993; Penha, 1998).

There are usually three stages in the histopathological evolution of the disease (Fig.1):

- Osteoid phase
- Otospongiosis
- Otosclerosis



Figura/Figure 1: Ilustração de ouvido médio com otosclerose/illustration of the middle ear with otosclerosis.

A otosclerose manifesta-se clinicamente por uma perda auditiva de transmissão ou perda auditiva mista, com predomínio da componente de transmissão, por anquilose estapedo-vestibular ou, raramente, como perda auditiva de percepção/neurossensorial nas formas cocleares (Conway et al., 2022; Elbaz, 2000). É a causa de perda auditiva de transmissão mais frequente no adulto (Mansour et al., 2021). Geralmente inicia-se na idade juvenil ou adulta (muita rara antes dos 10 anos), afetando as frequências baixas, e progride depois de forma variável para as frequências mais agudas, horizontalizando o limiar de condução aérea à medida que a platina se torna completamente fixa (Bloch & Sørensen, 2012; Han, 1997; Lippy, 1992). Esta evolução da perda auditiva é irregular, lenta ou acelerada, podendo estacionar, mas não regredir.

Há uma diminuição da capacidade de vibração da platina para frequências mais baixas, preservando-se a capacidade de vibração para frequências mais altas. Na maioria dos casos em adultos, no audiograma tonal de um doente com otosclerose verifica-se que há hipoacusia de condução moderada de cerca de 40 dB para as frequências mais baixas. O típico sinal de otosclerose no exame audiométrico é o sinal "Carhart notch" ou nó de Carhart, uma redução do nível de audição óssea até 25 dB a 2 kHz (Marion et al., 1985; Wiatr et al., 2021).

A reabilitação auditiva na otosclerose é atualmente, na maioria dos casos cirúrgica, esta tem-se alterado ao longo dos tempos ajustando-se às novas tecnologias, de forma a obter melhores resultados com menores riscos ou efeitos laterais, sendo considerada colocação de prótese auditiva ou implante osteointegrado (Danesh et al., 2018). Valsava em 1704, foi o primeiro a descrever a fixação do estribo e a identificar essa alteração como causa de surdez, e Ménière em 1842 o primeiro a descrever a mobilização do estribo que, mais tarde no final do

Otosclerosis is clinically manifested by transmission hearing loss or mixed hearing loss, with a predominance of the transmission component, by stapedo-vestibular ankylosis or, rarely, as perceptual deafness in cochlear forms (Conway et al., 2022; Elbaz, 2000). It is the most common cause of adult-onset deafness (Mansour et al., 2021). It usually starts in youth or adulthood (very rare before the age of 10), affecting low frequencies, and then progresses variably to higher frequencies, horizontalising the air conduction threshold as the plateau becomes completely fixed (Bloch & Sørensen, 2012; Han, 1997; Lippy, 1992). This evolution of hearing loss is irregular, slow or accelerated, and can stop but not regress.

There is a decrease in the vibration capacity of the stage for lower frequencies, preserving the vibration capacity for higher frequencies. In most cases in adults, the pure-tone audiogram of a patient with otosclerosis shows that there is moderate conduction hearing loss of about 40 dB for the lower frequencies. The typical sign of otosclerosis on audiometric examination is the "Carhart notch" sign or Carhart's node, a reduction in the level of bone hearing up to 25 dB at 2 kHz (Marion et al., 1985; Wiatr et al., 2021).

Auditory rehabilitation in otosclerosis is currently, in most cases, surgical, it has changed over time adjusting to new technologies, in order to obtain better results with fewer risks or side effects, and the placement of a hearing aid or osseointegrated implant is considered (Danesh et al., 2018). Valsava in 1704 was the first to describe the fixation of the stapes and identify this alteration as a cause of deafness, and Ménière in 1842 was the first to describe the mobilisation of the stapes, which was later carried out by various authors at the end of the 19th century (House, 1993; Lavy & McClenaghan, 2018). However, in 1907, at the International ENT Congress in Rome,

século XIX, foi levada a cabo por diversos autores (House, 1993; Lavy & McClenaghan, 2018). No entanto, em 1907, no Congresso de ORL Internacional de Roma, foi condenado todo o intento de mobilização do estribo, por se considerar acarretar demasiados riscos e resultados pouco satisfatórios na reabilitação auditiva (Abello & Traserra, 1992).

A partir de 1923 a cirurgia da otosclerose evolui por fases bem distintas. Holmgren (1923), Sourdille & Lempert (1937), levaram a cabo a fenestração do canal semicircular externo. Samuel Rosen (1952) desenvolveu a técnica de mobilização do estribo e John Shea (1956) iniciou a estapedectomia removendo o estribo, cobrindo a janela oval com veia e interpondo uma prótese entre a janela oval e a bigorna (Cheng et al., 2018; Poe, 2000).

Desde então, esse procedimento mantém-se com alterações mínimas, destacando-se apenas como variante técnica a estapedotomia – fenestração da platina (Cheng et al., 2018; Watson, 2015).

Com o aparecimento das próteses auditivas, passou a ser possível a reabilitação da perda auditiva sem o tratamento cirúrgico da patologia.

A literatura refere como excelente a redução do *air-bone gap* para valores iguais ou inferiores a 10 dB, satisfatório com o *air-bone gap* entre 11 e 20 dB e não satisfatório o *air-bone gap* superior a 20 dB (Lavy & McClenaghan, 2018; Nash et al., 2018; Redfors et al., 2014).

Associado à escassez de estudos acerca da área em Portugal, o principal objetivo deste estudo é a comparação das duas abordagens técnicas da reabilitação auditiva na otosclerose, tendo por base a diminuição do *air-bone gap*.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 AMOSTRA

Realizou-se um estudo retrospectivo de uma série de casos de otosclerose submetidos a tratamento cirúrgico ou adaptação protésica no Serviço de Otorrinolaringologia, Unidade Local de Saúde do Médio Ave, Unidade Hospital de Famalicão, Portugal (após autorização institucional), sendo garantido o anonimato dos pacientes durante a consulta dos processos clínicos.

2.2 TRATAMENTO CIRÚRGICO

Os casos submetidos a tratamento cirúrgico (Grupo 1) foram selecionados da lista cirúrgica do Serviço de Otorrinolaringologia da Unidade Local de Saúde do Médio Ave e utilizou-se o processo clínico como fonte de informação, recolhendo-se os dados necessários à caracterização da cirurgia e avaliação pré e pós-operatória. Dos 60 pacientes inscritos na lista de cirurgia para timpanotomia exploradora e submetidos à cirurgia no período de 1993 a 1999, foram selecionados apenas os casos de otosclerose – 57, e destes excluíram-se as cirurgias de revisão, segundo ouvido operado e casos com registos audiométricos insuficientes, pelo que restaram 46. Na avaliação audiométrica (audiogramas tonal e vocal e impedâncimetria), utilizaram-se dois registos de audiometria tonal, sendo o primeiro (Audio 0) realizado até um máximo de 15 dias antes da cirurgia e o segundo (Audio 1) realizado ao sexto mês após a cirurgia.

any attempt to mobilise the stapes was condemned, as it was considered to entail too many risks and unsatisfactory results in hearing rehabilitation (Abello & Traserra, 1992). From 1923 onwards, otosclerosis surgery evolved through very distinct phases. Holmgren (1923) and Sourdille & Lempert (1937) carried out fenestration of the external semicircular canal. Samuel Rosen (1952) developed the stapes mobilisation technique and John Shea (1956) began stapedectomy by removing the stapes, covering the oval window with a vein and interposing a prosthesis between the oval window and the incus (Cheng et al., 2018; Poe, 2000).

Since then, this procedure has undergone minimal changes, with only the stapedotomy – fenestration of the platinum – standing out as a technical variant (Cheng et al., 2018; Watson, 2015).

With the advent of hearing aids, it became possible to rehabilitate hearing loss without surgically treating the condition. The literature refers to air-bone gap reduction of 10 dB or less as excellent, air-bone gap between 11 and 20 dB as satisfactory and air-bone gap greater than 20 dB as unsatisfactory (Lavy & McClenaghan, 2018; Nash et al., 2018; Redfors et al., 2014).

Given the scarcity of studies in this area in Portugal, the main aim of this study is to compare the two technical approaches to hearing rehabilitation in Otosclerosis, based on reducing the air-bone gap.

2. MATERIAL AND METHODS

2.1 SAMPLE

This was a retrospective study of a series of cases of otosclerosis that had undergone surgical treatment or prosthetic adaptation at the Department of ENT, Local Health Unit of Médio Ave, Hospital Unit of Famalicão, Portugal (after institutional authorization), and the anonymity of patients was guaranteed during the consultation of clinical files.

2.2 SURGICAL TREATMENT

The cases submitted to surgical treatment (Group 1) were selected from the surgical list of the Department of ENT, Unidade Local de Saúde do Médio Ave, Portugal and the clinical file was used as a source of information, collecting the necessary data to characterise the surgery and pre- and post-operative assessment. Of the 60 patients on the surgical list for exploratory tympanotomy and who underwent surgery between 1993 and 1999, only cases of otosclerosis – 57 – were selected, and from these, revision surgeries, the second ear operated on and cases with insufficient audiometric records were excluded, leaving 46. For the audiometric assessment (pure-tone and speech audiograms and immittance measures), two pure-tone audiograms were performed, the first (Audio 0) taken up to a maximum of 15 days before surgery and the second (Audio 1) taken six months after surgery.

2.3 HEARING AID FITTING

Of the cases in which hearing aids were fitted (257) between 1997 and 2000 (Group 2), 31 cases of otosclerosis were selected, and from these we excluded cases of prosthesis replacement and patients who already had a prosthesis in the contralateral

2.3 ADAPTAÇÃO A PRÓTESE AUDITIVA

Dos casos que colocaram prótese auditiva (257) no período de 1997 a 2000 (Grupo 2), foram selecionados os casos de otosclerose – 31, e destes excluíram-se os casos de substituição de prótese e pacientes já com prótese no ouvido contralateral, pelo que restaram 18.

Os pacientes que colocaram prótese auditiva optaram por esta via por vários motivos, entre os quais: idade, fatores económicos, longo tempo de espera nas listas cirúrgicas e natureza clínica. Para estes pacientes foram utilizados na mesma dois registos audiométricos, mas imediatos, ou seja, o primeiro (Audio 0) audiograma tonal realizado antes da colocação da prótese e o segundo (Audio 1) realizado logo após a colocação da prótese. O protocolo efetuado foi o mesmo: audiograma tonal, vocal e impedâncimetria.

2.4 MATERIAIS

O equipamento utilizado na avaliação audiométrica nos 64 pacientes foi o audiómetro Interacoustics AC40, calibrado segundo as normas IEC 645-1979, ANSI 3.6-1989 - Segurança – IEC 601-1 e o impedâncímetro Welch Allyn TM262. Aos 18 pacientes que colocaram prótese auditiva, foram adaptadas próteses analógicas da marca Microson, modelos 34 STD e 34 PP e a todos colocado molde de canal tipo rígido. Dos 46 pacientes submetidos a cirurgia, 11 (24%) realizaram estapedectomia e os restantes 35 (76%) estapedotomia. No entanto, não é objeto deste trabalho a avaliação e comparação dos resultados consoante a técnica cirúrgica utilizada.

2.5 DETERMINAÇÃO DO AIR-BONE GAP

O *American Academy of Otolaryngology-Head and Neck Surgery Foundation* (1995) recomenda que a determinação do *air-bone gap* pós-operatório seja a diferença entre a condução aérea e óssea pós-operatória, utilizando a média dos limiares auditivos tonais nas frequências de 500, 1000, 2000 e 3000 Hz (ou 4000 Hz na ausência do último registo; Monsell, 1995).

No entanto, neste trabalho decidiu-se utilizar somente as frequências 500, 1000 e 2000 Hz que eram utilizadas pelo BIAP (*Bureau International D'Audiophonologie*) na classificação do grau de perda auditiva e respetivas perdas (in Pinho e Melo, 1986), apesar do BIAP na sua última determinação (nº 02/01) utilizar as frequências de 500, 1000, 2000 e 4000 Hz na classificação do grau de surdez e respetivas perdas (BIAP, 2005).

Também uma das razões para a exclusão da frequência dos 4000 Hz, foi a colocação de prótese retro auricular analógica em todos os pacientes adaptados e a resposta em frequências destas próteses começar a diminuir nas frequências mais agudas.

Em todas as situações em estudo (pré-operatório/prótese e pós-operatório/prótese) a determinação do *air-bone gap* foi sempre efetuada do mesmo modo, ou seja, calculando a diferença entre a condução aérea e óssea nas frequências de 500, 1000 e 2000 Hz. Neste trabalho não é estudada a diminuição ou melhoria da curva óssea no pós-operatório, por se ter concluído que nos 46 pacientes que foram submetidos a cirurgia as variações não foram significativas nem influenciavam o objetivo deste nosso trabalho.

ear, leaving 18. The patients who had hearing aids fitted chose this route for various reasons, including age, economic factors, long waiting times on surgical lists and clinical nature. For these patients, two immediate audiometric recordings were used, i.e. the first (Audio 0) pure-tone audiogram taken before the hearing aid was fitted and the second (Audio 1) taken immediately after the hearing aid was fitted. The protocol was the same: pure-tone audiogram, speech audiogram and immittance testing.

2.4 MATERIALS

The equipment used in the audiometric assessment of the 64 patients was the Interacoustics AC40 audiometer, calibrated according to IEC 645-1979, ANSI 3.6-1989 - Safety - IEC 601-1 and immittance audiometer Welch Allyn TM262. The 18 patients who were fitted with hearing aids were fitted with Microson analogue hearing aids, models 34 STD and 34 PP, and all of them were fitted with rigid canal moulds. Of the 46 patients who underwent surgery, 11 (24%) underwent stapedectomy and the remaining 35 (76%) stapedotomy. However, it is not the purpose of this study to evaluate and compare the results according to the surgical technique used.

2.5 DETERMINING THE AIR-BONE GAP

The American Academy of Otolaryngology-Head and Neck Surgery Foundation (1995) recommends that the postoperative air-bone gap be determined as the difference between postoperative air and bone conduction, using the average of the pure-tone hearing thresholds at 500, 1000, 2000 and 3000 Hz (or 4000 Hz in the absence of the last recording; Monsell, 1995). However, in this study it was decided to use only the 500, 1000 and 2000 Hz frequencies that were used by BIAP (*Bureau International D'Audiophonologie*) in the classification of the degree of hearing loss and respective losses (in Pinho and Melo, 1986), despite BIAP in its latest determination (no. 02/01) using the frequencies of 500, 1000, 2000 and 4000 Hz in the classification of the degree of deafness and respective losses (BIAP, 2005).

One of the reasons for excluding the 4000 Hz frequency was that all the adapted patients were fitted with analogue retro-auricular prostheses and the frequency response of these prostheses began to decrease at the higher frequencies.

In all study situations (preoperative/hearing aid and postoperative/hearing aid) the air-bone gap was always determined in the same way, i.e. by calculating the difference between air and bone conduction at 500, 1000 and 2000 Hz. This study does not analyse the reduction or improvement of the bone curve in the post-operative period, as it was concluded that in the 46 patients who underwent surgery the variations were not significant and did not influence the objective of our study.

2.6 STATISTICAL ANALYSIS

To analyse the results, we took into account the average air-bone gap for each frequency under study, but also in individual terms, we considered the reduction of the air-bone gap to values equal to or less than 10 dB to be a good result, the closing of the Gap to be excellent (air-bone gap equal to 0 dB), air-bone gap between 11 and 20 dB to be satisfactory and

2.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Para a análise dos resultados entrou-se em linha de conta com o *air-bone gap* médio por cada frequência em estudo, mas também em termos individuais consideramos um bom resultado a redução do *air-bone gap* para valores iguais ou inferiores a 10 dB, excelente o fecho do Gap (*air-bone gap* igual a 0 dB), satisfatório com o *air-bone gap* entre 11 e 20 dB e não satisfatório o *air-bone gap* superior a 20 dB (Gillard & Harris, 2020; Lavy & McClenaghan, 2018).

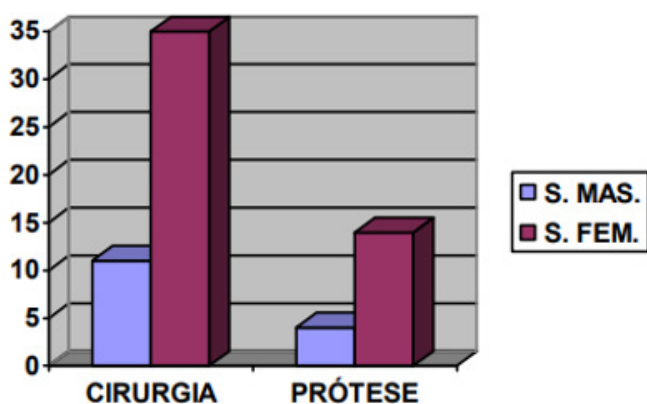
Foram objeto de estudo as médias do *air-bone gap* nas quatro situações em análise (pré-operatório, pós-operatório, pré-prótese e pós-prótese). Os dados recolhidos foram gravados e analisados no SPSS. Utilizaram-se neste estudo dois tipos de testes estatísticos: teste *t-student* para amostras emparelhadas e teste *t-student* para amostras independentes.

3. RESULTADOS

Foram objeto de estudo 64 pacientes com otosclerose (46 submetidos a cirurgia e 18 que optaram por colocação de prótese auditiva), 76,6% do género feminino e 23,4% do género masculino.

Dos 46 pacientes submetidos a cirurgia, 35 (76,1%) eram do género feminino e 11 (23,9%) do género masculino, com uma média de idade de 43 anos (DP=9,1 anos).

Nos 18 pacientes que colocaram prótese auditiva, 14 (77,8%) eram do género feminino e 4 (22,2%) do género masculino (Fig. 2), com uma média de idade de 58,7 anos (DP=17,1 anos).



Figura/Figure 2: Distribuição da técnica utilizada segundo o género/Distribution of technique used according to gender.

3.1 RESULTADOS AUDIOMÉTRICOS

Na primeira avaliação audiométrica (Audio 0), verificou-se que os casos submetidos a cirurgia possuíam um *air-bone gap* médio superior aos dos casos submetidos a adaptação protésica (Tabela 1).

Apesar do *air-bone gap* médio na primeira avaliação audiométrica (audio 0) dos casos cirúrgicos (37,50 dB) ser superior aos dos casos de prótese (33,61 dB), se a situação for avaliada frequencialmente verifica-se que é apenas na frequência de 2000 Hz que os pacientes de prótese auditiva têm um *air-bone gap* médio superior.

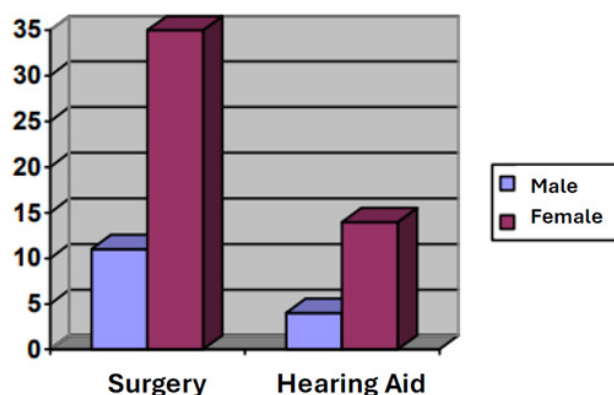
Comparando os procedimentos (cirurgia vs prótese

air-bone gap greater than 20 dB to be unsatisfactory (Gillard & Harris, 2020; Lavy & McClenaghan, 2018).

We studied the mean *air-bone gap* in the four situations analysed (preoperative, postoperative, pre-hearing aid and post-hearing aid). The data collected was recorded and analysed using SPSS v20. Two types of statistical tests were used in this study: Student's *t*-test for paired samples and Student's *t*-test for independent samples.

3. RESULTS

The study was conducted in 64 patients with otosclerosis (46 who underwent surgery and 18 who opted for hearing aids), 76.6% of females and 23.4% of males. Of the 46 patients who underwent surgery, 35 (76.1%) were female and 11 (23.9%) were male, with a mean age of 43 years (SD=9.1 years). Of the 18 patients who had hearing aids, 14 (77.8%) were female and 4 (22.2%) were male (Fig. 2), with a mean age of 58.7 years (SD=17.1 years).



3.1 AUDIOMETRIC RESULTS

In the first audiometric assessment (Audio 0), it was found that the cases undergoing surgery had a higher mean *air-bone gap* (worst ear) than the cases undergoing hearing aid adaptation (Table 1). Although the *mean air-bone gap* in the first audiometric evaluation (audio 0) of surgical cases (37.50 dB) is higher than that of hearing aid cases (33.61 dB), if the situation is analysed by frequency, it is verified that it is only at the frequency of 2000 Hz that hearing aid patients have a *higher mean air-bone gap*.

Comparing the procedures (surgery vs hearing aid), it was found that the surgical cases that had on average a larger *air-*

auditiva), verificou-se que os casos cirúrgicos que tinham em média um *air-bone gap* maior no Audio 0, ou seja, que possuíam uma pior audição, passaram no Audio 1 a terem em média uma melhor audição (*air-bone gap* menor).

Em ambos os procedimentos foi obtida a redução do *air-bone gap*. Os pacientes submetidos a reabilitação com prótese auditiva, revelaram bons resultados nas frequências: 1000 Hz, em 77,8% dos pacientes reabilitados, e, nos 2000 Hz, em 83,3% dos pacientes, no pós-prótese. Apesar da elevada percentagem supracitada nas frequências 1000 Hz e 2000 Hz, a diminuição do *air-bone gap* foi bom para apenas 22,2% dos pacientes reabilitados, na frequência 500 Hz (Tabela 2).

Os pacientes que realizaram cirurgia obtiveram redução do *air-bone gap* nas frequências avaliadas, sendo os 2000 Hz a

bone gap in Audio 0, that is, that had worse hearing, started to have better hearing on average in Audio 1 (smaller *air-bone gap*).

In both procedures, the air-bone gap was reduced. Patients undergoing rehabilitation with hearing aids showed good results at 1000 Hz in 77.8 per cent of rehabilitated patients and at 2000 Hz in 83.3 per cent of patients' post-rehabilitation. Despite the aforementioned high percentage at 1000 Hz and 2000 Hz, the reduction in the air-bone gap was good for only 22.2% of rehabilitated patients at 500 Hz (Table 2).

At 2000 Hz, excellent results (air-bone gap = 0) were seen in 38.9% of patients. There was a decrease in the percentage

Tabela/Table 1: Comparação do air-bone gap médio - cirurgia/prótese no audio 0 (antes da intervenção)/Comparison of the mean air-bone gap - surgery/hearing aid in audio 0 (before intervention)

CIRURGIA/SURGERY (n = 46)				PRÓTESE AUDITIVA/HEARING AID (n=18)				
Frequência/Frequencies (Hz)								
		Média/Mean	DP/SD	Média/Mean	DP/SD	t	GL	Valor p/p Value
500	PRÉ	45,43	10,16	35,00	8,40	3,87	62	0,0003
1000	PRÉ	40,87	9,27	34,17	8,79	2,64	62	0,0105
2000	PRÉ	26,20	9,38	31,67	9,70	2,08	62	0,0418
Média 3 freq./Mean 3 freq.		37,50	9,60	33,61	8,96	2,86		0,0175

Tabela/Table 2: Resultados audiométricos – air-bone gap, Prótese Auditiva – Audio 1 (avaliação audiométrica pós-prótese)/Audiometric results - air-bone gap, Hearing Aid - Audio 1 (pure-tone audiometry after hearing aid fitting).

500 Hz			1000 Hz		2000 Hz	
air-bone gap	Nº	%	Nº	%	Nº	%
≤ 10 dB	4	22,2	14	77,8	15	83,3
11 a 20 dB	11	61,1	4	22,2	3	16,7
> 20 dB	3	16,7	0	0	0	0

frequência com maior percentagem de bons resultados, 91,3%. Contrariamente ao sucedido nos pacientes reabilitados com prótese auditiva, verificou-se que na frequência 500 Hz (71,7%) a percentagem de bons resultados foi superior à frequência 1000 Hz (65,2%). A maior parte dos pacientes teve uma grande redução do *air-bone gap* nas três frequências para valores de ≤10 dB (Tabela 3).

Ambos os procedimentos, cirurgia ou prótese auditiva, reduziram com significância estatística o *air-bone gap* em todas as frequências (Tabela 4).

Na comparação das duas técnicas (cirurgia e colocação de prótese auditiva) na redução do *air-bone gap* médio (Audio 1), verificou-se a existência de diferenças estatisticamente significativas nas frequências de 500 Hz (*valor p*=0,002) e 1000

of excellent results at 1000 Hz, where 27.8% of cases had an excellent result. The frequency with the lowest percentage of excellent results was 500 Hz, where only 5.6% of patients rehabilitated with hearing aids achieved this result.

Patients who underwent surgery had a reduction in the air-bone gap at the frequencies assessed, with 2000 Hz having the highest percentage of good results, with 91.3% of patients having an air-bone gap of less than or equal to 10 dB. Contrary to what happened with patients rehabilitated with hearing aids, the percentage of good results at 500 Hz (71.7%) was higher than at 1000 Hz (65.2%). The frequency at which the highest percentage of excellent results was obtained was 500 Hz, in 28.2% of patients the air-bone gap was equal to 0 dB, followed by 2000 Hz with 38.9% of excellent cases. The lowest percentage of patients with an excellent result was 1000 Hz,

Hz (*valor p*=0,023), no entanto a 2000 Hz não houve diferenças estatisticamente significativas (*valor p* = 0,493). Ou seja, a cirurgia proporcionou melhores resultados na diminuição do *air-bone gap* aos 500 e 1000 Hz.

where only 8.7% of rehabilitated patients had an excellent post-surgical result (Table 3).

Both procedures statistically significantly reduced the air-bone gap at all frequencies (table 4).

When comparing the two techniques (surgery and hearing aid fitting) in reducing the mean air-bone gap, the first audiometric assessment (Audio 0) showed statistically significant differences, while the second assessment (Audio 1) showed that at 2000 Hz there were no statistically significant differences (*p* = 0.49; table 5).

Tabela/Table 3: Resultados audiométricos – air-bone gap, Cirurgia – Audio 1 (avaliação audiométrica pós cirurgia)/Audiometric results - air-bone gap, Surgery - Audio 1 (audiometric evaluation after surgery).

500 Hz			1000 Hz		2000 Hz	
air-bone gap	Nº	%	Nº	%	Nº	%
≤ 10 dB	33	71,7	30	65,2	42	91,3
11 a 20 dB	10	21,7	14	30,4	4	8,7
> 20 dB	3	6,6	2	4,4	0	0

Tabela/Table 4: Resultados audiométricos – Média do air-bone gap/Audiometric results - Average air-bone gap.

Frequência/Frequencies (Hz)	Audio 0			Audio 1			
	Média/Mean	DP/SD	Média/Mean	DP/SD	t	GL	Valor p/p Value
500 Prótese/Hearing aid	35,00	8,40	16,94	6,45	11,1	17	<0,0001
1000 Prótese/Hearing aid	34,17	8,79	6,94	6,22	16,7	17	<0,0001
2000 Prótese/Hearing aid	31,67	9,70	6,39	6,37	18,5	17	<0,0001
Média 3 freq./Mean 3 freq.	33,61	8,96	10,09	6,34	15,4	<0,0001	
500 Cirurgia/Surgery	45,43	10,16	9,02	7,50	22,3	45	<0,0001
1000 Cirurgia/Surgery	40,87	9,27	11,09	6,49	19,6	45	<0,0001
2000 Cirurgia/Surgery	26,20	9,38	5,33	5,21	13,3	45	<0,0001
Média 3 freq./Mean 3 freq.	37,50	9,60	8,48	6,40	18,4		<0,0001

Legenda/Legend: DP- Desvio Padrão; GL-Graus de Liberdade; t- Teste t de Student para amostras emparelhadas; p- Valor de prova; Audio 0- Primeira avaliação audiométrica; Audio 1 – Segunda avaliação audiométrica/SD- Standard Deviation; DF-Degrees of Freedom; t-Student's t test for paired samples; p- Proof value; Audio 0- First audiometric assessment; Audio 1 – Second audiometric assessment.

Tabela/Table 5: Comparação entre cirurgia e aparelhos auditivos/Comparing Surgery with Hearing Aids.

	Valor p/p-VALUE	Valor p/p-VALUE
Frequência/Frequencies (Hz)	Audio 0	Audio 1
500	0,0003	0,0002
1000	0,0105	0,0235
2000	0,0418	0,4936

4. DISCUSSÃO

Na literatura pesquisada, estudos que comparam resultados audiométricos, a nível de cirurgia/prótese, na otosclerose são muito escassos (Gillard & Harris, 2020). Conseguiu-se sim, encontrar vários estudos efetuados na determinação e avaliação de resultados da cirurgia na otosclerose (Cheng e tal., 2018; Lavy & McClenaghan, 2018; Lundman et al., 2020). Os resultados (cirúrgicos) encontrados neste trabalho, enquadram-se noutros já publicados em termos de fechamento do *air-bone gap* (Redfors et al., 2018; Watson et al., 2015).

Comparando as duas técnicas utilizadas no nosso estudo, concluímos que no pós-cirurgia, em termos médios, há uma redução do *air-bone gap* maior do que no pós prótese auditiva. Também, em termos médios verificaram-se nas duas técnicas bons resultados, pois conseguiu-se reduzir os valores do *air-bone gap* médio para valores iguais ou inferiores a 10 dB, (Lucidia et al., 2021; Nash et al., 2018). No entanto, na cirurgia passou-se de 37,5 dB de *air-bone gap* médio na primeira avaliação audiométrica para 8,48 dB na segunda avaliação. Na colocação de prótese auditiva passou-se de 33,61 dB de *air-bone gap* médio na primeira avaliação audiométrica para 10,09 dB. Perante estes resultados concluímos que os casos que foram submetidos a cirurgia apresentaram uma variação maior da primeira avaliação para a segunda (-23,52 dB), já que na primeira avaliação encontram-se com uma audição média pior e na segunda avaliação ficaram melhores do que os casos que foram submetidos a colocação de prótese auditiva, à semelhança de estudos *follow-up* (Redfors et al., 2014).

Todos os resultados verificados na redução do *air-bone gap* em ambas as técnicas apresentaram uma diferença estatística significativa (*valor p* < 0,05).

Na comparação dos resultados de ambas as técnicas na redução do *air-bone gap* médio por frequência, verificou-se que só não houve variação de resultados com significado estatístico a 2000 Hz.

É possível concluir que a cirurgia foi mais vantajosa na redução do *air-bone gap* nos 500 Hz e a prótese foi mais eficaz nos 1000 Hz, enquanto nos 2000 Hz, embora tenha sido melhor a cirurgia, a diferença de resultados para a prótese não apresentou significância estatística, o que pode ser explicado pelo fenómeno psico-acústico nesta frequência (Bloch & Sørensen, 2012; Lamblin et al., 2021) conhecido por nó de Carhart.

Este estudo teve como principais limitações o *follow-up* longo e demorado dos pacientes, o que originou algumas

4. DISCUSSION

In the bibliography we searched, we couldn't find any kind of study comparing audiometric results in terms of surgery/hearing aid in otosclerosis. What we did find, were several studies on determining and evaluating the results of surgery in otosclerosis (Cheng et al., 2018; Lavy & McClenaghan, 2018; Lundman et al., 2020). The (surgical) results found in this study are in line with others already published in terms of *air-bone gap closure* (Redfors et al., 2018; Watson et al., 2015).

In fact, comparing the two techniques used in our study, we concluded that, on average, there was a more homogeneous reduction in the *air-bone gap* after surgery than after hearing aids.

Also, in average terms, the two techniques produced good results, as the average *air-bone gap* values were reduced to values equal to or less than 10 dB (Lucidia et al., 2021; Nash et al., 2018).

During surgery, the average *air-bone gap* went from 37.5 dB in the first audiometric assessment to 8.48 dB in the second assessment. When hearing aids were fitted, the average *air-bone gap* went from 33.61 dB in the first audiometric assessment to 10.09 dB. Given these results, we concluded that the cases who underwent surgery showed a greater variation from the first assessment to the second (-23.52 dB), since in the first assessment they had worse average hearing and in the second assessment they were better than the cases who had hearing aids fitted, similar to follow-up studies (Redfors et al., 2014).

All the results seen in the reduction of the *air-bone gap* in both techniques were statistically significant.

When comparing the results of both techniques in reducing the average *air-bone gap* by frequency, it was found that there was no statistically significant variation in results only at 2000 Hz.

It is possible to conclude that surgery was more advantageous in reducing the *air-bone gap* at 500 Hz and the hearing aid was more effective at 1000 Hz, while at 2000 Hz, although surgery was better, the difference in results for the hearing aid was not statistically significant, which can be explained by the psycho-acoustic phenomenon at this frequency (Bloch & Sørensen, 2012; Lamblin et al., 2021), known as the Carhart node.

The main limitations of this study were the long and lengthy *follow-up* of patients, which led to some dropouts and delays in completing the study. As future investigations, it is relevant to compare hearing rehabilitation by bone-anchored implants

desistências e demora na conclusão do estudo. Como investigações futuras, torna-se relevante a comparação da reabilitação auditiva por implante osteointegrado e a realização de estudos que avaliem o custo-benefício entre cada uma das técnicas, à semelhança dos estudos de Gillard & Harris (2020) e Lucidia et al., (2021).

5. CONCLUSÃO

Independentemente da técnica usada, verificaram-se bons resultados em ambas. No entanto, foi com a cirurgia que, em termos médios, se verificou melhores resultados na redução do *air-bone gap*. Neste trabalho compararam-se duas “técnicas” usadas para redução do *air-bone gap* na otosclerose (cirurgia e prótese auditiva) e podemos concluir que a cirurgia foi a técnica, em termos médios, mais eficaz na redução ao *air-bone gap*.

Mesmo que se tivesse chegado à conclusão de que não existia significância estatística nos resultados audiométricos, na comparação das duas técnicas, é possível afirmar que a cirurgia será sempre a melhor técnica a ser utilizada, uma vez que, além de se recuperar a funcionalidade do ouvido, a doença também é atenuada, enquanto com a colocação de prótese auditiva, recupera-se a parte funcional (audição), mas a doença mantém-se inalterável e continua a progredir.

CONFLITOS DE INTERESSES

Os autores não têm qualquer conflito de interesses a reportar.

CONTRIBUIÇÕES AUTORAIS

Conceptualização, Miguel Ângelo.; metodologia e revisão de literatura, Miguel Ângelo, Ana-Luís Santos, David Tomé; análise dos resultados, Miguel Ângelo.; redação-preparação do draft original, Miguel Ângelo., Ana-Luís Santos, Ana-Isabel Neto; redação- revisão e edição, Ana-Luís Santos, David Tomé; Todos os autores leram e concordaram com a versão publicada do manuscrito.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS/REFERENCES

- Abello P, Traserra J. *Otosclerosis*. In: Otorrinolaringologia, Ediciones Doyma, S.A., Barcelona, 1992.
- Bloch SL, Sørensen MS. Otosclerosis: A perilabyrinthine threshold phenomenon. *Acta Oto-Laryngologica* **132**: 344–348, 2012.
- Bureau International d'Audiophonologie (BIAP). [Les recommandations][Internet]. Liège: BIAP; 2005. Recommendation BIAP n° 02/1bis. Classification audiométrique des déficiences auditives; Available from: <http://www.biap.org/recom02-1.htm>
- Committee On Hearing And Equilibrium. Committee on Hearing and Equilibrium guidelines for the evaluation of results of treatment for conductive hearing loss. American Academy of Otolaryngology-Head and Neck Surgery Foundation. *Otolaryngology Head & Neck Surgery* **113**:186-187, 1995.
- Cheng HCS, Agrawal SK, Parnes LS. Stapedectomy Versus Stapedotomy. *Otolaryngologic Clinics of North America* **51**: 375-392, 2018.
- Conway RM, Sioshansi PC, Babu SC, Tu NC, Schettino AE, Schutt CA. Audiologic comparison of classification systems of advanced otosclerosis. *American Journal of Otolaryngology-Head and Neck Medicine and Surgery* **43**: 103516, 2022.
- Danesh AA, Shahnaz N, Hall JW. The Audiology of Otosclerosis. *Otolaryngologic Clinics of North America* **51**(2): 327-342, 2018.
- Elbaz, P, Ayache D. *Lotospongiose*. Les Monographies du CCA Grupe **29**: 9-46, CCA Paris, 2000.
- Gillard DM, Harris JP. Cost-effectiveness of Stapedectomy vs Hearing Aids in the Treatment of Otosclerosis. *JAMA Otolaryngology-Head & Neck Surgery* **146**(1):42-48, 2020.
- Han, W. Revision Stapedectomy: Intraoperative Findings, results, and Review of the Literature. *Laryngoscope* **107**: 1186-1191, 1997.
- House, HP. The evolution of Otosclerosis surgery. *Otolaryngologic Clinics of North America*, **26**: 323-333, 1993.
- Lamblin E, Karkas A, Jund J, Schmerber S. Is the Carhart notch a predictive factor of hearing results after stapedectomy? *Acta Otorhinolaryngologica Italica* **41**:84-90, 2021.
- Lavy, J, McClenaghan F. Stapes Surgery in Patients with a Small Air-Bone Gap. *Ear, Nose & Throat Journal*, 97(7), 198–212, 2018.
- Lippy, HW, Buekey, M. Stapedectomy in Patients With Small Air Bone Gaps. *Laryngoscope* **107**: 919-922, 1997.
- Lucidia D, Paludettia G, Settimia S, Corsob E, Picciottia PM, Sergia B. How Long Is Otosclerosis Surgery Effective? Hearing Results after a 22-Year Follow-

and to carry out studies that evaluate the cost-benefit between each of the techniques, similar to the studies by Gillard & Harris (2020) and Lucidia et al., (2021).

5. CONCLUSION

Regardless of the technique used, good results were seen with both techniques. However, it was with surgery that, on average, the best results were seen in reducing the air-bone gap.

This study compared two techniques used to reduce the air-bone gap in otosclerosis (surgery and hearing aids) and we can conclude that, on average, surgery was the most effective technique for reducing the air-bone gap.

Even though it was concluded that there was no statistical significance in the audiometric results when comparing the two techniques, it is possible to state that surgery will always be the best technique to use, since as well as recovering the functionality of the ear, the disease is also attenuated, whereas with the fitting of hearing aids, the functional part (hearing) is recovered, but the disease remains unchanged and continues to progress.

CONFLICTS OF INTEREST

The authors have no conflicts of interest to report.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Conceptualisation, Miguel Ângelo.; methodology and literature review, Miguel Ângelo, Ana-Luís Santos, David Tomé; analysis of results, Miguel Ângelo.; writing-preparation of original draft, Miguel Ângelo., Ana-Luís Santos, Ana-Isabel Neto; writing-review and editing, Ana-Luís Santos, David Tomé; All authors have read and agreed with the published version of the manuscript.

- Up. *Audiology and Neurotology* **26** (2): 121–126, 2021.
- Lundman L, Strömbäck K, Björnsne A, Grendin J, Dahlin-Redfors Y. Otosclerosis revision surgery in Sweden: hearing outcome, predictive factors and complications. *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology* **277**:19–29, 2020.
- Mansour S, Al Shawabkeh MA, Nicolas K, Haidar H (2021). *Otosclerosis*. In: Al-Qahtani, A., Haidar, H., Larem, A. (eds) Textbook of Clinical Otolaryngology, pág.1-89. Springer, Cham.
- Marion M, Hinojosa R, Khan AA. Persistence of the stapedial artery: a histopathologic study. *Otolaryngology Head & Neck Surgery* **93**: 298-312, 1985.
- Monsell EM. New and revised reporting guidelines from the Committee on Hearing and Equilibrium. American Academy of Otolaryngology-Head and Neck Surgery Foundation, Inc. *Otolaryngology Head & Neck Surgery* **113**(3): 176-178, 1995.
- Nash R, Patel B, Lavy J. Changes to Hearing Levels Over the First Year After Stapes Surgery: An Analysis of 139 Patients. *Otology & Neurotology* **39**:829–833, 2018.
- Penha, R. Otorrinolaringologia. Editor Rui Penha, Lisboa, 1998.
- Poe, DS. Laser-Assisted endoscopic Stapedectomy: A Prospective Study. *Laryngoscope* **110**:1-5, 2000.
- Redfors YD, Hellgren J, Möller C. Hearing-aid use and benefit: A long-term follow-up in patients undergoing surgery for otosclerosis. *International Journal of Audiology* **52**: 194–199, 2014.
- Thomas JP, Minovi A, Dazert S. Current aspects of etiology, diagnosis and therapy of otosclerosis. *Otolaryngologia Polska* **65**(3):162-70, 2011.
- Watson GJ, Byth K, Cruz M. Outcomes in Stapedotomy Surgery: The Learning Curve Redefined. *Otology & Neurotology* **36**:1601–1603, 2015.
- Wiatr A, Składzień J, Strek P, Wiatr M. Carhart Notch—A Prognostic Factor in Surgery for Otosclerosis. *Ear, Nose & Throat Journal* **100**(4): 193-197, 2021.