



ARTIGO ORIGINAL

Does stapes surgery improve tinnitus in patients with otosclerosis? ☆



Onur Ismi^{a,*}, Osman Erdogan^a, Mesut Yesilova^a, Cengiz Ozcan^a,
Didem Ovla^b e Kemal Gorur^a

^a University of Mersin, Faculty of Medicine, Department of Otorhinolaryngology, Mersin, Turkey

^b University of Mersin, Faculty of Medicine, Department of Biostatistics, Mersin, Turkey

Recebido em 23 de maio de 2016; aceito em 11 de julho de 2016

Disponível na Internet em 7 de junho de 2017

KEYWORDS

Otosclerosis;
Tinnitus;
Stapedotomy;
Low pitch;
High pitch

Abstract

Introduction: Otosclerosis (OS) is the primary disease of the human temporal bone characterized by conductive hearing loss and tinnitus. The exact pathogenesis of tinnitus in otosclerosis patients is not known and factors affecting the tinnitus outcome in otosclerosis patients are still controversial.

Objectives: To find the effect of stapedotomy on tinnitus for otosclerosis patients.

Methods: Fifty-six otosclerosis patients with preoperative tinnitus were enrolled to the study. Pure tone average Air-Bone Gap values, preoperative tinnitus pitch, Air-Bone Gap closure at tinnitus frequencies were evaluated for their effect on the postoperative outcome.

Results: Low pitch tinnitus had more favorable outcome compared to high pitch tinnitus ($p=0.002$). Postoperative average pure tone thresholds Air-Bone Gap values were not related to the postoperative tinnitus ($p=0.213$). There was no statistically significant difference between postoperative Air-Bone Gap closure at tinnitus frequency and improvement of high pitch tinnitus ($p=0.427$). There was a statistically significant difference between Air-Bone Gap improvement in tinnitus frequency and low pitch tinnitus recovery ($p=0.026$).

Conclusion: Low pitch tinnitus is more likely to be resolved after stapedotomy for patients with otosclerosis. High pitch tinnitus may not resolve even after closure of the Air-Bone Gap at tinnitus frequencies.

© 2016 Associação Brasileira de Otorrinolaringologia e Cirurgia Cérvico-Facial. Published by Elsevier Editora Ltda. This is an open access article under the CC BY license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

DOI se refere ao artigo: <http://dx.doi.org/10.1016/j.bjorl.2016.07.001>

☆ Como citar este artigo: Ismi O, Erdogan O, Yesilova M, Ozcan C, Ovla D, Gorur K. Does stapes surgery improve tinnitus in patients with otosclerosis? Braz J Otorhinolaryngol. 2017;83:568–73.

* Autor para correspondência.

E-mail: dronurismi@gmail.com (O. Ismi).

A revisão por pares é da responsabilidade da Associação Brasileira de Otorrinolaringologia e Cirurgia Cérvico-Facial.

PALAVRAS-CHAVE

Otosclerose;
Zumbido;
Estapedotomia;
Grave;
Agudo

A estapedotomia melhora o zumbido em pacientes com otosclerose?**Resumo**

Introdução: Otosclerose (OS) é a principal doença do osso temporal humano caracterizada por perda auditiva condutiva e zumbido. A patogenia exata do zumbido em pacientes com otosclerose não é conhecida e fatores que afetam o desfecho de zumbido em pacientes com otosclerose ainda são controversos.

Objetivos: Encontrar o efeito da estapedotomia sobre o zumbido em pacientes com otosclerose.

Método: Foram incluídos no estudo 56 pacientes com otosclerose com zumbido pré-operatório. Os valores médios tonais do gap aero-ósseo, o tom de zumbido no pré-operatório, o fechamento do gap nas frequências dos zumbidos foram avaliados quanto ao seu efeito sobre o desfecho pós-operatório.

Resultados: O zumbido em tom grave teve desfecho mais favorável em comparação com o zumbido agudo ($p=0,002$). Os valores médios dos gaps pós-operatórios não foram relacionados com o zumbido pós-operatório ($p=0,213$). Não houve diferença estatisticamente significativa entre o fechamento pós-operatório do gap na frequência do zumbido e melhoria do zumbido de tom agudo ($p=0,427$). Houve diferença estatisticamente significativa entre a melhoria no gap nas frequências do zumbido e recuperação do zumbido de tom mais grave ($p=0,026$).

Conclusão: O zumbido de tom mais grave parece ser mais bem resolvido depois de estapedotomia em pacientes com otosclerose. O zumbido de tom agudo pode não desaparecer, mesmo após o fechamento do gap nas frequências do zumbido.

© 2016 Associação Brasileira de Otorrinolaringologia e Cirurgia Cérvico-Facial. Publicado por Elsevier Editora Ltda. Este é um artigo Open Access sob uma licença CC BY (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Introdução

A otosclerose (OS) é a principal doença do osso temporal humano. É uma doença autossômica dominante hereditária com penetrância variável. Clinicamente, a perda auditiva condutiva progressiva e os zumbidos são os principais sintomas. A área mais comum de fixação estapediana é a crura anterior. A perda auditiva neurossensorial pode desenvolver-se caso as placas envolvam a cóclea.¹

A otosclerose foi descrita há cerca de dois séculos; no entanto, a patogenia exata não é totalmente compreendida. Embora aparelhos auditivos e terapia clínica sejam recomendados em determinadas condições, a estapedotomia com microfenestra continua a ser a principal escolha em pacientes com perda auditiva do tipo condutiva.¹ O sucesso da cirurgia do estribo em pacientes com OS é avaliado com os resultados da audição pós-operatória e a taxa de fechamento do gap aero-ósseo.

O zumbido também é um sintoma comum e subestimado, ao lado da perda auditiva condutiva na OS.² As taxas de satisfação após a cirurgia do estribo estão diretamente relacionadas com a cessação pós-operatória do zumbido. Os pacientes com OS com zumbido não resolvido após a cirurgia relataram escores de satisfação significativamente mais baixos.³ A incidência estimada de zumbido subjetivo em pacientes com OS é de 56-84,5%.^{2,4}

A patogenia exata do zumbido na OS não é conhecida. Vários autores relataram diferentes mecanismos possíveis, como redução da vibração do líquido da orelha interna; ruídos musculares ou vasculares não mascarados com a perda auditiva condutiva; aglutinação intravascular de

eritrócitos nos vasos da cóclea; metabólitos tóxicos produzidos pelos focos otoscleróticos; vascularização patológica do osso otosclerótico; e irritação das fibras nervosas por osso otosclerótico.^{4,5}

Embora vários estudos tenham sido publicados, o efeito da cirurgia do estribo sobre o zumbido ainda é um assunto de debate. Alguns autores relataram que o zumbido mais agudo tem maior probabilidade de resolução por cirurgia do estribo,^{5,6} enquanto Gersdorff et al.⁷ e Ayache et al.⁸ não encontraram significância estatística entre a recuperação do zumbido grave ou agudo. Além da frequência do zumbido, o zumbido pré-operatório não compensado⁹ e a perda auditiva de alta frequência no pós-operatório³ foram relatados com desfecho desfavorável. Além disso, o efeito do fechamento do gap aero-ósseo nas frequências do zumbido, após a cirurgia, não foi discutido nos estudos.

Diferentemente de outros estudos, neste manuscrito foi avaliado o efeito do fechamento do gap nas frequências do zumbido em relação aos zumbidos de tons grave, médio e agudo.

Método

A aprovação do comitê de ética local foi obtida para o nosso estudo com o número 2.016.190. Foram incluídos 69 pacientes com perda auditiva condutiva. Depois de um exame otorrinolaringológico detalhado, o tipo de perda auditiva e os limiares auditivos foram avaliados com diapasão e achados audiométricos. Os pacientes com perda auditiva (gap ≥ 20 dB e Rinne [-] com diapasões de 512, 1024) e com

escores de discriminação da fala de $\geq 90\%$ foram operados. A tomografia computadorizada pré-operatória do osso temporal foi feita em todos os pacientes. O diagnóstico de OS foi confirmado durante a cirurgia. Todos os pacientes foram submetidos a estapedotomia de microfenestra e pistão de Teflon por um único cirurgião. Os pacientes com outra etiologia possível para o zumbido, como trauma acústico, anormalidades bioquímicas do sangue como anemia, deficiência de vitamina B12, alterações dos testes de função da tireoide e história de cirurgia prévia da orelha foram excluídos.

Técnica cirúrgica

Todos os pacientes foram operados sob anestesia geral, com incisão endoaural. Resumidamente, após incisão modificada de Rosen, descolamento do retalho timpanomeatal e remoção óssea do nervo corda do tímpano com uma cureta ou broca, a mobilidade da cadeia ossicular foi inspecionada e palpada para estabelecer o diagnóstico. Todos os pacientes foram operados com uso da técnica de estapedotomia em etapas reversas de Fisch.¹⁰ A distância entre a superfície lateral do processo longo da bigorna e a platina do estribo foi medida com uma haste de medição maleável. Uma micro fenestra foi feita com brocas de 0,5 ou 0,7 mm. Tomou-se metucioso cuidado para evitar a aspiração da fenestra e colocação da prótese imediatamente após a fenestra. A fenestra não foi selada antes da colocação da prótese. A mobilidade da prótese foi avaliada por palpação suave do martelo.

Características dos pacientes e planejamento

Foram incluídos 42 (60,8%) indivíduos do sexo feminino e 27 (39,1%) do masculino. A média de idade foi de 42 anos (variação de 32-57); 56 (81,1%) pacientes apresentavam queixa de zumbido pré-operatório. A frequência do zumbido no pré-operatório, medida pelo teste de *pitch-matching*, foi definida como segue: altas frequências (4 kHz, 6 kHz e 8 kHz), frequências médias (1 kHz, 2 kHz e 3 kHz) e baixas frequências (125 Hz, 250 Hz e 500 Hz).¹¹ Para o teste de *pitch-matching*, o método adaptativo (*bracketing*) foi usado. Resumidamente, o tom foi estabelecido sucessivamente em nove frequências audiométricas entre 0,125 e 8 kHz (0,125; 0,25; 0,5; 1; 2; 3; 4; 6 e 8 kHz), e pediu-se ao indivíduo que indicasse quais dessas frequências mais correspondiam ao tom do seu zumbido. A frequência do tom de teste foi então ajustada em etapas de meia oitava acima e abaixo da frequência selecionada e pedia-se ao indivíduo para indicar qual das frequências combinava melhor com o tom do zumbido. A correspondência final foi considerada a frequência que o indivíduo julgou mais se aproximar de seu zumbido. Essa técnica é recomendada para uso clínico de rotina e parece produzir menos erros de oitava do que outros procedimentos.^{12,13}

Esses pacientes foram divididos em quatro grupos, de acordo com o estado de zumbido pós-operatório: Grupo I, totalmente recuperado; Grupo II, melhorado; Grupo III, inalterado; Grupo IV, piorado. Os Grupos I e II foram classificados no mesmo grupo como desfecho "favorável". Os limiares de condução aéreos e ósseos tonais no primeiro ano de pré-operatório e pós-operatório e os *gaps* aero-ósseos foram

avaliados de acordo com as diretrizes da *American Academy of Otolaryngology Head and Neck Surgery*.¹⁴ O *gap* aero-ósseo foi calculado com subtração dos níveis limiares de condução óssea dos níveis de limiares de condução aérea. O sucesso da cirurgia foi definido como *gap* < 10 dB tonal no primeiro ano de pós-operatório sem perda auditiva neurosensorial (deterioração pós-operatória > 10 dB dos níveis de condução óssea em relação aos níveis pré-operatórios para frequências de 1,2 e 4 kHz)⁸.

Análise estatística

As estatísticas descritivas foram apresentadas como proporções ou medianas (25-75% percentis), conforme apropriado.

Todas as medições contínuas foram testadas para normalidade pelos testes de Kolmogorov-Smirnov e Shapiro-Wilk. Um valor de $p < 0,05$ foi considerado significativo. Como as medidas não apresentaram uma distribuição normal, o método não paramétrico do teste U de Mann-Whitney foi usado para comparação entre grupos independentes. Os resultados da comparação foram exibidos com o gráfico *box-plot*.

Os dados categóricos foram comparados com Pearson qui-quadrado com correção de Yates, razão de probabilidade ou teste exato de Fisher. O teste Z de duas proporções foi usado para comparar os dois grupos se quaisquer diferenças entre eles fossem significativas.

Resultados

Dos 69 pacientes, 56 (81,1%) apresentavam queixa de zumbido no pré-operatório. A taxa de sucesso global foi de 79,7% (55 de 69). Não houve pioria do zumbido entre pacientes com zumbido no pré-operatório. No entanto, em um paciente sem zumbido no pré-operatório ocorreu perda auditiva neurosensorial moderada (60 dB). Ele relatou queixa de zumbido no pós-operatório. As frequências de zumbido pré-operatório foram as seguintes: 20 pacientes com zumbido grave, quatro com zumbido médio e 32 com zumbido agudo.

No total, 34 dos 56 (60,7%) pacientes tiveram um resultado favorável com o estado do zumbido do Grupo I (28 pacientes – 50%) ou Grupo II (seis pacientes – 10,7%); 22 dos 56 (39,3%) pacientes tiveram estado do zumbido inalterado (Grupo III).

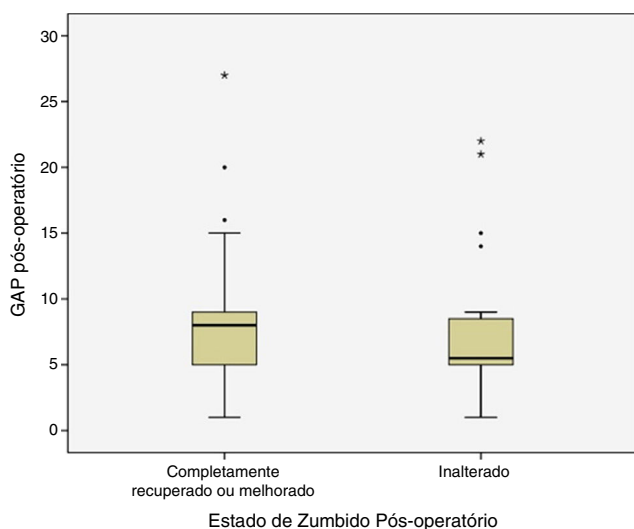
O *gap* pós-operatório foi menor do que 10 dB em 44 (78,6%) de 56 pacientes com zumbido pré-operatório. O *gap* ficou entre 10-20 dB em nove (16%) e maior do que 21 dB em três (5,4%) pacientes. Nenhum desses pacientes apresentou perda auditiva neurosensorial no pós-operatório. Valores de *gap* específicos das frequências dos zumbidos no pré-operatório e pós-operatório estão apresentados na [tabela 1](#). A relação entre o estado do zumbido pós-operatório e a média dos *gaps* no pós-operatório é mostrada na [figura 1](#). Não houve diferença estatisticamente significativa entre a magnitude dos *gaps* no pós-operatório e o estado do zumbido ($p = 0,213$).

A frequência do zumbido no pré-operatório e o estado pós-operatório do zumbido encontram-se na [tabela 2](#). Houve uma relação estatisticamente significativa entre a frequência do zumbido pré-operatório e a melhoria do zumbido

Tabela 1 Valores de gaps aero-ósseo (GAP) pré-operatórios e pós-operatórios específicos de frequência média

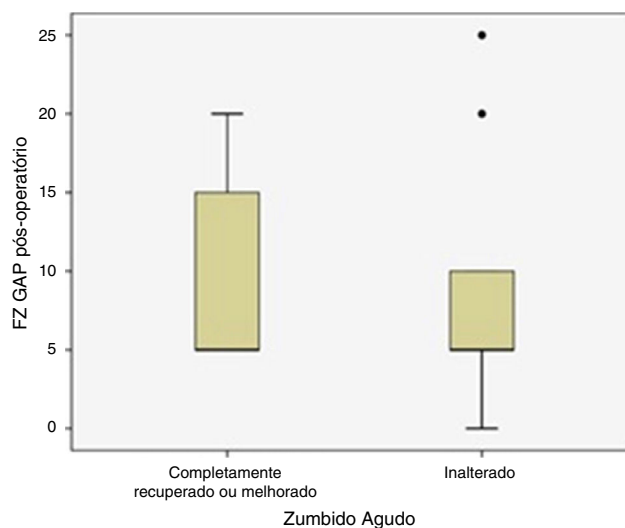
Frequência (kHz)	GAP Médio	DP	Valores p
0,5 Pré-op	46,73	10,79	< 0,001
0,5 Pós-op	8,84	7,31	
1 Pré-op	41,92	10,48	< 0,001
1 Pós-op	9,03	7,98	
2 Pré-op	35,96	9,7	< 0,001
2 Pós-op	7,4	6,52	
3 Pré-op	35,57	9,73	< 0,001
3 Pós-op	8,17	6,26	

DP, desvio padrão; Pós-op, valores pós-operatórios no primeiro ano; Pré-op, valores pré-operatórios.

**Figura 1** Comparação entre estado de zumbido pós-operatório e níveis de GAP limiares tonais médios e pós-operatórios foi demonstrada (GAP, gap aero-ósseo).

pós-operatório ($p=0,003$); o zumbido grave teve um desfecho mais favorável, em comparação com o zumbido agudo ($p=0,002$). Não houve diferença estatisticamente significativa entre zumbido grave e médio ($p=0,22$) ou zumbido agudo e médio ($p=0,812$) em relação à melhoria do zumbido no pós-operatório.

Trinta e dois pacientes com zumbido de alta frequência pré-operatório foram avaliados para taxa de fechamento do gap nas frequências dos zumbidos pós-operatórios. O estado do zumbido pós-operatório desses pacientes é demonstrado na [figura 2](#). Não houve diferença estatisticamente

**Figura 2** Comparação entre estado de zumbido agudo e valores de GAP pós-operatórios em frequências de zumbido foi mostrada (FZ GAP, valores do gap aero-ósseo de frequência de zumbido).

significativa entre o fechamento do gap pós-operatório nas frequências dos zumbidos e melhoria das queixas de zumbido de alta frequência ($p=0,427$).

Vinte pacientes com zumbido de baixa frequência no pré-operatório foram avaliados quanto ao fechamento do gap aero-ósseo na frequência do zumbido e as queixas de zumbido no pós-operatório ([fig. 3](#)). Houve diferença estatisticamente significativa entre a melhoria do gap nas frequências dos zumbidos e sua melhora ($p=0,026$).

Foram usados dois tamanhos de prótese: 0,4mm de diâmetro da haste para quatro pacientes e 0,6mm para 52 deles. A comparação do diâmetro do pistão de teflon e do estado de zumbido no pós-operatório encontra-se resumida na [tabela 3](#). Não houve relação estatisticamente significativa entre o diâmetro da prótese e o estado de zumbido pós-operatório ($p=0,641$).

Discussão

No estudo atual, o zumbido pré-operatório esteve presente em 81,1% dos pacientes com OS; a taxa de sucesso da nossa cirurgia de estapedotomia foi de 78,6% para esses pacientes. A incidência de zumbido foi relatada como 56-84,5%^{2,4} e a taxa de sucesso da cirurgia foi de 56-92% em estudos anteriores^{4,6,8,15}.

Tabela 2 Relação entre frequência do zumbido e estado de zumbido pós-operatório

Frequência subjetiva do zumbido	Zumbido		Valor p
	Melhorado ou completamente recuperado	Inalterado	
Alta frequência	14 (43,8%)	18 (56,2%)	0,003
Média frequência	2 (50%)	2 (50%)	
Baixa frequência	18 (90%)	2 (10%)	

Tabela 3 Relação entre diâmetro do pistão de Teflon e estado do zumbido

Diâmetro do pistão de Teflon (mm)	Zumbido		Valor <i>p</i>
	Melhorado ou completamente recuperado	Inalterado	
0,6 mm (n = 52)	32 (61,5%)	20 (38,5%)	0,641
0,4 mm (n = 4)	2 (50%)	2 (50%)	

Trinta e quatro (60,7%) pacientes obtiveram melhoria total ou parcial do zumbido; no entanto, o zumbido permaneceu inalterado em 22 (39,3%) pacientes em nosso estudo. O zumbido não piorou em qualquer dos pacientes após a cirurgia. A taxa de zumbido favorável (totalmente recuperado ou melhorado) foi classificada como 40-96% no pós-operatório em manuscritos anteriores.^{9,15} Lima Ada et al.¹⁵ e Szymański et al.⁴ também relataram que nenhum paciente teve piora do zumbido no pós-operatório.

Em nosso estudo, após a cirurgia, a melhoria foi mais acentuada para o zumbido de tom grave, em comparação com os de tom agudo ($p=0,002$). A fisiopatologia exata do zumbido é desconhecida em pacientes com OS. A via auditiva eferente tem um efeito modulador sobre as células ciliadas externas do órgão de Corti, que pode tamponar ou amplificar a mensagem proveniente do cérebro.⁵ Quando o estímulo auditivo diminui, o sistema nervoso central compensa, aumenta a sensibilidade das células ciliadas externas¹⁶ e gera uma percepção auditiva fantasma como zumbido. Heller et al.¹⁷ e Del Bo L. et al.¹⁸ mostraram que adultos saudáveis com audição normal relataram zumbido após ficar em uma câmara anecoica por um longo tempo. A diminuição na vibração do líquido da orelha interna em pacientes com perda auditiva condutiva, como aquela na OS, diminui o estímulo aferente da via auditiva central. O estímulo aferente reduzido, por sua vez, diminui o efeito

supressor das vias eferentes no órgão de Corti. A disfunção da via eferente é um dos possíveis mecanismos de percepção do zumbido em pacientes com perda auditiva condutiva.^{5,16} Causse et al.⁵ afirmaram que o mecanismo de amplificação do sinal das células ciliadas externas provoca um zumbido grave, em vez de um zunido ou ruído semelhante a um motor, como em casos com perda auditiva condutiva. Quando as vibrações dos líquidos do orelha interna são restabelecidas cirurgicamente e a perda auditiva é melhorada, o zumbido de tom mais grave, na maioria das vezes, recupera-se. Nossos achados e os de vários estudos anteriores^{6,19,20} também apoiam essa hipótese. No entanto, Gersdorff et al.⁷ e Ayache et al.⁸ não conseguiram encontrar correlação entre o estado do zumbido pós-operatório e a frequência do zumbido no pré-operatório.

Embora tenhamos tido um resultado auditivo bem-sucedido, a recuperação pós-operatória do zumbido não esteve relacionada com o fechamento pós-operatório do *gap* ($p=0,213$). Esse achado foi sustentado por Ramsay et al.,⁶ Lima Ada et al.,¹⁵ Szymański et al.⁴ e Gersdorff et al.⁷ Eles não encontraram correlação entre o sucesso da cirurgia e o estado de zumbido pós-operatório. Recentemente, Bast et al.⁹ afirmaram que o sucesso da cirurgia teve um impacto sobre a melhoria do zumbido compensado no pré-operatório, enquanto o zumbido não compensado não desapareceu, apesar de uma cirurgia bem-sucedida. Os resultados de Glasgold e Altmann²¹ e Sparano et al.²² não deram apoio aos nossos achados e em seus estudos resultados auditivos menos favoráveis foram mais propensos a apresentar zumbido.

O zumbido acompanha 70-85% dos pacientes com perda auditiva causada por diferentes doenças do sistema auditivo.²³ O tom do zumbido frequentemente correlaciona-se com as frequências da perda auditiva.²⁴ Perda ou diminuição da entrada na cóclea provoca reorganização e excesso de sinalização das frequências da perda auditiva nas vias centrais. Por essa razão, o tom do zumbido é percebido perto ou dentro das frequências da perda de audição.²⁵ A partir desse ponto de vista, avaliamos o efeito do fechamento do *gap* nas frequências do zumbido em pacientes com OS. Verificamos que quanto mais o tom do zumbido se situou nas faixas de frequências mais baixas, o fechamento do *gap* na frequência do zumbido aumentou a chance de melhoria do zumbido. Esse achado demonstra que a patogenia do zumbido de alta frequência em pacientes com OS está associada a um fator diferente que não a fixação da platina do estribo.

A técnica usada durante a cirurgia de OS é considerada um fator que pode impactar o resultado do estado do zumbido. Sakai et al.¹⁹ mostraram que uma cirurgia mais traumática, como a estapedectomia total, apresentou um

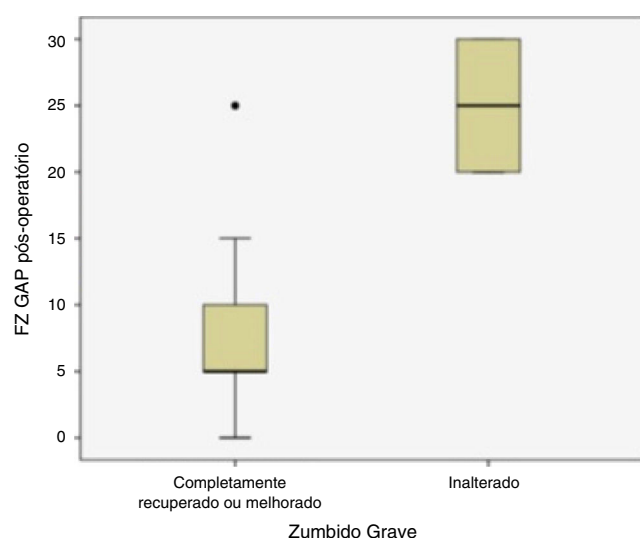


Figura 3 Comparação entre estado de zumbido grave e valores pós-operatórios de GAP em frequências de zumbido foi apresentada (FZ GAP, valores do gap aero-ósseo de frequência de zumbido).

desfecho desfavorável, em comparação com a estapedectomia parcial ou estapedotomia. No estudo de Gersdorff et al.,⁷ o prognóstico do zumbido foi melhor após estapedotomia, em comparação com estapedectomia parcial, e o uso do laser de argônio durante a cirurgia não alterou o desfecho. Ayache et al.,⁸ ao contrário, não encontraram diferenças entre as técnicas cirúrgicas e o desfecho de zumbido pós-operatório. Recentemente, Bagger-Sjögäck et al.³ relataram que a cirurgia de OS causou perda auditiva em frequências mais altas, a partir de 8 kHz, e que o desfecho do zumbido estava diretamente relacionado com essa perda auditiva nas altas frequências induzida por trauma cirúrgico. No entanto, os achados de Ramsay et al.⁶ não fornecem apoio a esse relato e para pacientes com perda auditiva nas frequências altas devido ao trauma cirúrgico o desfecho do zumbido não foi diferente, em comparação com o restante dos pacientes. De acordo com os nossos resultados, uma perfuração menor na janela oval e o uso de um pistão de Teflon de diâmetro menor não alterou o desfecho do zumbido, mas esse achado pode ser espúrio, devido ao baixo número de pacientes com prótese de 0,4 mm de diâmetro na nossa série.

Conclusão

A cirurgia do estribo não só restabelece a audição de pacientes com OS, mas também resolve a queixa de zumbido na maioria dos pacientes. A queixa de zumbido de baixa frequência tem mais probabilidade de ser resolvida após cirurgia. O zumbido de tons mais agudos pode não desaparecer, mesmo após o fechamento do *gap* nas frequências do zumbido. Todos os pacientes com otosclerose e queixa de zumbido devem ser avaliados para as frequências do zumbido no pré-operatório. Os pacientes com zumbido de frequência alta devem ser informados de que a sua queixa de zumbido pode não ser resolvida, apesar da melhoria na audição.

Conflitos de interesse

Os autores declaram não haver conflitos de interesse.

Referências

- House JW, Cunningham CD. Otosclerosis. In: Flint PW, Haughey BH, Lund VJ, Niparko JK, Richardson MA, Robbins KT, et al., editors. Cummings otolaryngology head and neck surgery. 5th ed. Philadelphia, PA: Mosby-Elsevier; 2010. p. 2028–35.
- Gristwood RE, Venables WN. Otosclerosis and chronic tinnitus. *Ann Otol Rhinol Laryngol.* 2003;112:398–403.
- Bagger-Sjögäck D, Strömbäck K, Hultcrantz M, Papatziomos G, Smeds H, Danckwardt-Lillieström N, et al. High-frequency hearing, tinnitus, and patient satisfaction with stapedotomy: a randomized prospective study. *Sci Rep.* 2015; 5:13341.
- Szymański M, Gołabek W, Mills R. Effect of stapedectomy on subjective tinnitus. *J Laryngol Otol.* 2003;117:261–4.
- Causse JB, Vincent R. Poor vibration of inner ear fluids as a cause of low tone tinnitus. *Am J Otol.* 1995;16:701–2.
- Ramsay H, Kärkkäinen J, Palva T. Success in surgery for otosclerosis: hearing improvement and other indications. *Am J Otolaryngol.* 1997;18:23–8.
- Gersdorff M, Nouwen J, Gilain C, Decat M, Betsch C. Tinnitus and otosclerosis. *Eur Arch Otorhinolaryngol.* 2000;257:314–6.
- Ayache D, Earally F, Elbaz P. Characteristics and postoperative course of tinnitus in otosclerosis. *Otol Neurotol.* 2003;24:48–51.
- Bast F, Mazurek B, Schrom T. Effect of stapedotomy on pre-operative tinnitus and its psychosomatic burden. *Auris Nasus Larynx.* 2013;40:530–3.
- Fisch U. Stapes surgery. In: Fish U, May J, editors. Tympanoplasty, mastoidectomy and stapes surgery. New York, PA: Thieme Medical Publishers; 1994. p. 211–34.
- Martines F, Bentivegna D, Martines E, Sciacca V, Martinciglio G. Characteristics of tinnitus with or without hearing loss: clinical observation in Sicilian tinnitus patients. *Auris Nasus Larynx.* 2010;37:685–93.
- Kim TS, Yoo MH, Lee HS, Yang CJ, Ahn JH, Chung JW, et al. Short-term changes in tinnitus pitch related to audiometric shape in sudden sensorineural hearing loss. *Auris Nasus Larynx.* 2016;43:281–6.
- Tyler RS, Conrad-Armes D. Tinnitus pitch: a comparison of three measurement methods. *Br J Audiol.* 1983;17:101–7.
- Committee On Hearing and Equilibrium guidelines for the evaluation of results of treatment of conductive hearing loss. American Academy of Otolaryngology-Head and Neck Surgery Foundation. *Otolaryngol Head Neck Surg.* 1995;113:186–7.
- Lima Ada S, Sanchez TG, Marcondes R, Bento RF. The effect of stapedotomy on tinnitus in patients with otospongiosis. *Ear Nose Throat J.* 2005;84:412–4.
- Lima Ada S, Sanchez TG, Bonadia Moraes MF, Batezati Alves SC, Bento RF. The effect of tympanoplasty on tinnitus in patients with conductive hearing loss: a six month follow-up. *Braz J Otorhinolaryngol.* 2007;73:384–9.
- Heller MF, Bergman M. Tinnitus aurium in normally hearing persons. *Ann Otol Rhinol Laryngol.* 1953;62:73–83.
- Del Bo L, Forti S, Ambrosetti U, Costanzo S, Mauro D, Ugazio G, et al. Tinnitus aurium in persons with normal hearing: 55 years later. *Otolaryngol Head Neck Surg.* 2008;139:391–4.
- Sakai M, Sato M, Lida M, Ogata T, Ishida K. The effect on tinnitus of stapes surgery for otosclerosis. *Rev Laryngol Otol Rhinol (Bord).* 1995;116:27–30.
- Causse JB, Vincent R. Surgery and tinnitus for otosclerotic patients. *Int Tinnitus J.* 1996;2:123–7.
- Glasgold A, Altmann F. The effect of stapes surgery on tinnitus in otosclerosis. *Laryngoscope.* 1966;76:1524–32.
- Sparano A, Leonetti JP, Marzo S, Kim H. Effects of stapedectomy on tinnitus in patients with otosclerosis. *Int Tinnitus J.* 2004;10:73–7.
- Manche SK, Madhavi J, Meganadh KR, Jyothy A. Association of tinnitus and hearing loss in otological disorders: a decade-long epidemiological study in a South Indian population. *Braz J Otorhinolaryngol.* 2016, <http://dx.doi.org/10.1016/j.bjorl.2015.11.007>.
- McNeill C, Távora-Vieira D, Alnafjan F, Searchfield GD, Welch D. Tinnitus pitch, masking and the effectiveness of hearing aids for tinnitus therapy. *Int J Audiol.* 2012;51:914–9.
- Sereda M, Hall DA, Bosnyak DJ, Endmondson-Jones M, Roberts LE, Adjamian P, et al. Re-examining the relationship between audiometric profile and tinnitus pitch. *Int J Audiol.* 2011;50:303–12.