

# Resultados funcionais: Próteses de titânio *versus* osso autólogo

## Functional results: Titanium prosthesis *versus* autologous bone

Tiago Órfão • Filipe Ramos • Helena Silveira • Margarida Santos

### RESUMO

**Introdução:** A reabilitação auditiva de otites média crónicas (OMC) com erosão ossicular constitui um desafio cirúrgico. O presente estudo tem como objectivo analisar os resultados audiométricos das reconstruções ossiculares com próteses de titânio e osso autólogo.

**Material e métodos:** Foi efectuada uma análise retrospectiva das reconstruções ossiculares realizadas entre Outubro de 2008 e Julho de 2010. Analisaram-se os resultados audiométricos obtidos através da colocação de próteses de titânio (n=21) ou utilizando moldagem ossicular ou de cortical óssea (n=38).

**Resultados e conclusões:** Com a colocação de próteses de titânio obteve-se uma diminuição do *air-bone gap* (ABG) de 11,9 dB e uma diferença no *pure tone average* (PTA) de 13,7 dB. Utilizando material autólogo, verificou-se um ganho de 3,9 dB no ABG e de 6,8 dB no PTA. Os ganhos foram maiores no primeiro grupo, tanto a nível do ABG ( $p=0,0306$ ) como do PTA ( $p=0,0380$ ). Estes resultados são sobreponíveis a outros estudos e mostram a eficácia da utilização de próteses de titânio.

**Palavras-chave:** otite média crónica, próteses de titânio, ossiculoplastia.

### ABSTRACT

**Introduction:** Functional rehabilitation with hearing improvement in chronic otitis media (COM) is a surgical challenge. The purpose of this study is to analyze the audiometric outcomes of ossicular reconstruction with titanium prosthesis versus shaped autologous bone.

**Material and Methods:** Retrospective review was performed for the period from October 2008 to July 2010 analyzing the audiometric results of ossiculoplasty with titanium prosthesis (n=21) against ossicular or cortical bone interpositions (n=38).

**Results and conclusions:** There was a decrease of 11,9 dB in air-bone gap (ABG) and a difference of 13,7 dB in pure tone average (PTA) when titanium prosthesis were used. The ABG decreased 3,9 dB and the PTA 6,8 dB when ossicles or cortical bone were used in the reconstruction. Comparison data revealed better results in the first group both in ABG ( $p=0,0306$ ) as in PTA ( $p=0,0380$ ). The audiometric gains with titanium prosthesis were similar to other reports and superior to the results obtained with autologous material.

**Keywords:** chronic otitis media; titanium prosthesis; ossiculoplasty.

### INTRODUÇÃO

Desde há várias décadas que a reconstrução da cadeia ossicular, no contexto do tratamento cirúrgico da hipoacusia de condução associada a otites médias crónicas, constitui um desafio. As características ideais do material protésico a inserir no ouvido médio deverão ser a sua biocompatibilidade, durabilidade, facilidade de colocação, baixo peso e baixa impedância. Diversos materiais são utilizados ou já o foram no passado, como são o caso de próteses resultantes de moldagem de ossículos ou de cortical óssea, bem como próteses heterólogas de materiais tão diversificados como cerâmica, hidroxiapatite, *plastipore* ou titânio. Nos últimos anos tem havido uma tendência à utilização de próteses de material heterólogo. No entanto, não existe ainda um consenso claro em relação ao melhor material a utilizar quando é necessário efectuar uma reconstrução da cadeia ossicular.

#### Tiago Órfão

Interno do Internato Complementar de Otorrinolaringologia do Hospital de São João, Docente Voluntário de Otorrinolaringologia, Departamento de Órgãos dos Sentidos, Faculdade de Medicina do Porto

#### Filipe Ramos

Interno do Internato Complementar de Otorrinolaringologia do Hospital de São João, Docente Voluntário de Otorrinolaringologia, Departamento de Órgãos dos Sentidos, Faculdade de Medicina do Porto

#### Helena Silveira

Assistente Hospitalar do Hospital de São João, Docente Voluntária de Otorrinolaringologia, Departamento de Órgãos dos Sentidos, Faculdade de Medicina do Porto

#### Margarida Santos

Directora de Serviço de Otorrinolaringologia do Hospital de São João

#### Correspondência:

Tiago Órfão  
Serviço de Otorrinolaringologia – Hospital de São João  
Alameda Prof Hernâni Monteiro  
4200-319 Porto  
Telefone- 225 512 100  
tiagoorfao@gmail.com

Trabalho apresentado no 58º Congresso Nacional da Sociedade Portuguesa de Otorrinolaringologia e Cirurgia Cervico-Facial.

Em 1993 foi proposta a utilização de próteses de titânio<sup>1</sup>. Este material apresenta características físico-químicas adequadas, das quais se destacam o seu baixo peso, baixa impedância, facilidade técnica de inserção e alta biocompatibilidade<sup>1,2</sup>.

Os trabalhos já publicados acerca da utilização de próteses de titânio apontam para bons resultados audiométricos, com a maioria dos estudos a revelarem uma diminuição do *air-bone gap* (ABG) entre os 8 e os 20 dB, com 45 a 77% dos doentes a apresentarem ABG inferiores a 20 dB no pós-operatório<sup>3-12</sup>. A taxa de extrusões é baixa, situando-se entre 1 e os 5%<sup>3-13</sup>. Apesar destes resultados promissores com a utilização de próteses deste material, a comparação dos resultados das ossiculoplastias com titânio entre si é complexa, tal como é difícil a comparação com as ossiculoplastias efectuadas com outros materiais. Esta dificuldade tem origem nas diferenças entre os vários estudos em relação ao limiar auditivo pré-operatório, à patologia de base, à técnica cirúrgica, à forma de inserção da prótese, ao tipo de prótese utilizada ou à forma de reconstrução da membrana timpânica.

Neste estudo pretendemos avaliar os resultados audiométricos resultantes da utilização de próteses de titânio e comparar estes resultados com os obtidos através da reconstrução da cadeia utilizando moldagem ossicular ou de cortical óssea, sob circunstâncias semelhantes.

## MATERIAL E MÉTODOS

Foi conduzido um estudo retrospectivo englobando todos os doentes submetidos a reconstruções ossiculares no período entre Outubro de 2008 e Julho de 2010, no Serviço de Otorrinolaringologia do Hospital de São João. Este grupo de doentes foi dividido entre aqueles que colocaram próteses de titânio (n=22) e aqueles cuja reconstrução foi feita com moldagem ossicular ou de cortical óssea (n=85). Destes, excluíram-se os doentes que não tinham disponíveis nos processos clínicos os audiogramas pré-operatórios ou os audiogramas pós-operatórios realizados pelo menos 6 meses após a cirurgia. Após a exclusão destes casos, foram constituídos dois grupos: um grupo de doentes submetidos a reconstrução utilizando próteses de titânio e composto por 21 elementos (grupo 1) e outro grupo de 38 doentes que efectuou reconstrução utilizando moldagem ossicular ou cortical óssea (grupo 2). Foi igualmente analisado se a reconstrução foi tipo II ou tipo III, de acordo com a classificação de Portmann. Desta forma, observou-se que no caso do grupo das próteses de titânio, 10 doentes colocaram próteses parciais (*partial ossicular reconstruction prosthesis* - PORPs) e 11 doentes colocaram próteses totais (*total ossicular reconstruction prosthesis* - TORPs). Já no caso do grupo 2, foram efectuadas 28 reconstruções tipo II e 10 reconstruções tipo III.

Analisou-se então se tinha sido efectuada uma timpanoplastia isoladamente ou se esta tinha estado associada a uma mastoidectomia. Observou-se que, no grupo 1, 13 doentes

efectuaram timpanoplastias isoladamente, 7 timpanoplastias associadas a mastoidectomias com preservação da parede posterior do canal (*canal wall-up*) e apenas 1 timpanoplastia associada a mastoidectomia com rebaixamento da parede posterior do canal (*canal wall-down*). Entre os doentes do grupo 2, 14 fizeram apenas timpanoplastias, 13 efectuaram timpanoplastias associadas a mastoidectomias canal *wall-up* e 11 efectuaram timpanoplastias associadas a mastoidectomias canal *wall-down*. Por último, observou-se que 4 doentes tinham efectuado revisões cirúrgicas, 2 em cada um dos grupos.

As próteses utilizadas nas reconstruções foram a *Kurz Bell* PORP e a *Kurz Ariel* TORP (Kurz GmbH, Duppelingen), tendo sido interposta cartilagem entre a prótese e a membrana do tímpano em todas as cirurgias.

Foi efectuado o cálculo do pure tone average (PTA) e do ABG através da análise dos audiogramas tonais pré-operatório e pós-operatório que estavam disponíveis no processo. Os parâmetros audiométricos foram registados utilizando as frequências de 500, 1000, 2000 e 4000Hz. Todos os exames audiológicos foram realizados pelas duas audiologistas do nosso Serviço e pelos dois audiómetros disponíveis.

Os audiogramas pós-operatórios foram realizados, em média, 12,8 meses após a data da cirurgia no caso do grupo 1 e 11,8 meses após a cirurgia no grupo 2.

A análise estatística comparativa entre o grupo que utilizou próteses de titânio e aquele que reconstruiu a cadeia com ossículos/cortical óssea foi efectuada utilizando o teste não paramétrico de Mann-Whitney. Foram consideradas diferenças estatisticamente significativas quando  $p < 0,05$ .

## RESULTADOS

A idade média nos doentes que colocaram próteses de titânio foi de 39 anos e no grupo 2 de 45 anos ( $p=0,2675$ ).

As diferenças entre os valores audiométricos dos dois grupos antes da cirurgia não eram estatisticamente significativas (tabela 1). No entanto, o ganho audiométrico obtido após a cirurgia foi estatisticamente significativo tanto a nível do PTA ( $p=0,0380$ ) como do ABG ( $p=0,0306$ ).

Eliminando do grupo 2 os doentes submetidos a timpanomastoidectomia canal *wall down*, continuam a salientar-se diferenças entre os dois grupos, apesar de deixarem de ser estatisticamente significativas (tabela 2).

Dividindo os doentes do grupo 1 entre os que colocaram PORPs e aqueles que inseriram TORPs, e apesar do número reduzido de doentes em cada grupo, verificam-se melhores resultados nos doentes em que foram utilizadas TORPs (tabela 3).

Eliminou-se igualmente do grupo 1 e do grupo 2 os doentes com mastoidectomia associada. Desta análise foi possível concluir que a diferença entre os resultados obtidos nos

**TABELA 1**

Resultados audiométricos de acordo com material utilizado na reconstrução

	PORP/TORP	Ossículos/cortical
Número	21	38
<b>PTA (dB)</b>		
Pré-operatório	55,1	57,3 ( $p=0,3625$ )
Pós-operatório	41,4	50,5 ( $p=0,0584$ )
Ganho	13,7	6,8 ( $p=0,0380$ )
<b>ABG (dB)</b>		
Pré-operatório	34	30,2 ( $p=0,1607$ )
Pós-operatório	22,1	26,3 ( $p=0,1536$ )
Ganho	11,9	3,9 ( $p=0,0306$ )

PORP – *Partial ossicular reconstruction prosthesis*

TORP – *Total ossicular reconstruction prosthesis*

CWD – *Mastoidectomy canal wall down*

PTA – *Pure tone average*

ABG – *Air-bone gap*

**TABELA 2**

Resultados audiométricos de acordo com material utilizado após eliminação das timpanoplastias associadas a mastoidectomia canal *wall down*

	PORP/TORP	Ossículos/cortical
Número	20	27
<b>PTA (dB)</b>		
Pré-operatório	55,6	57,5 ( $p=0,3493$ )
Pós-operatório	41,1	48,6 ( $p=0,1552$ )
Ganho	14,5	8,9 ( $p=0,1403$ )
<b>ABG (dB)</b>		
Pré-operatório	33,9	30,2 ( $p=0,2075$ )
Pós-operatório	21,2	25,7 ( $p=0,2153$ )
Ganho	12,7	4,5 ( $p=0,0757$ )

PORP – *Partial ossicular reconstruction prosthesis*

TORP – *Total ossicular reconstruction prosthesis*

CWD – *Mastoidectomy canal wall down*

PTA – *Pure tone average*

ABG – *Air-bone gap*

dois grupos era mais acentuada quando se realizava uma timpanoplastia isoladamente (tabela 4).

Por último, quando se procedeu a uma timpanoplastia com mastoidectomia não se observaram diferenças tão evidentes, apesar de existir alguma tendência para melhores resultados com a utilização de próteses de titânio. Excluindo os doentes que efectuaram timpanomastoidectomias canal *wall down* do grupo 2 observou-se que este grupo passou a apresentar um ganho no PTA de 7,0 dB e no ABG de 0,6 dB (tabela 5).

Nesta série não foi registada nenhuma extrusão das próteses inseridas.

**TABELA 3**

Resultados audiométricos de acordo com tipo de prótese de titânio utilizada

	PORP/TORP	Ossículos/cortical
Número	10	11
<b>PTA (dB)</b>		
Pré-operatório	55,4	54,9
Pós-operatório	44,0	39,2
Ganho	11,4	15,7
<b>ABG (dB)</b>		
Pré-operatório	30,9	37,0
Pós-operatório	22,1	22,2
Ganho	8,8	14,8

PORP – *Partial ossicular reconstruction prosthesis*

TORP – *Total ossicular reconstruction prosthesis*

PTA – *Pure tone average*

ABG – *Air-bone gap*

**TABELA 4**

Resultados audiométricos das timpanoplastias realizadas isoladamente

	PORP/TORP	Ossículos/cortical
Número	13	14
<b>PTA (dB)</b>		
Pré-operatório	52,0	56,0
Pós-operatório	35,2	45,3
Ganho	16,8	10,7
<b>ABG (dB)</b>		
Pré-operatório	34,8	31,1
Pós-operatório	19,1	23,2
Ganho	15,7	7,9

PORP – *Partial ossicular reconstruction prosthesis*

TORP – *Total ossicular reconstruction prosthesis*

PTA – *Pure tone average*

ABG – *Air-bone gap*

**TABELA 5**

Resultados audiométricos das timpanoplastias associadas a mastoidectomias canal *wall up*

	PORP/TORP	Ossículos/cortical
Número	7	13
<b>PTA (dB)</b>		
Pré-operatório	62,1	59,1
Pós-operatório	52,1	52,1
Ganho	10,0	7,0
<b>ABG (dB)</b>		
Pré-operatório	32,3	29,1
Pós-operatório	25,0	28,5
Ganho	7,3	0,6

PORP – *Partial ossicular reconstruction prosthesis*

TORP – *Total ossicular reconstruction prosthesis*

CWD – *Mastoidectomy canal wall down*

PTA – *Pure tone average*

ABG – *Air-bone gap*

## DISCUSSÃO

Os trabalhos actualmente publicados sobre a eficácia das próteses de titânio são escassos, mostram quase sempre resultados a curto prazo, são de difícil comparação entre eles e apresentam muitas vezes resultados inconsistentes. Apesar destas dificuldades, os estudos disponíveis sugerem que a utilização de próteses de titânio é a melhor alternativa quando se pretende reconstruir a cadeia ossicular, quer quando os resultados são analisados isoladamente<sup>3-7,10-15</sup>, quer quando são efectuadas comparações com outras formas de reconstrução ossicular<sup>9,13,16,17</sup>.

O primeiro passo do nosso trabalho consistiu em analisar o PTA e ABG pré-operatórios nos doentes que colocaram PORPs ou TORPs de titânio e naqueles em que foi utilizado material autólogo, não se tendo observado diferenças estatisticamente significativas entre os dois grupos. Estes valores eram semelhantes aos dos estudos já publicados<sup>3-12</sup>.

Analisando os resultados pós-operatórios, no grupo que colocou próteses de titânio verificou-se um ganho médio de 11,9 dB no ABG e de 13,7 dB no PTA. Estes valores são sobreponíveis em relação à maioria dos artigos<sup>3-9,11</sup> e ligeiramente inferiores aos trabalhos de Vassobotn et al<sup>10</sup> e de Dalchow et al<sup>12</sup>.

A separação entre os doentes que colocaram TORPs e aqueles que colocaram PORPs revelou um melhor resultado no primeiro grupo de doentes, quer a nível do ganho do ABG (14,8 dB vs 8,8 dB), quer a nível do ganho do PTA (15,7 dB vs 11,4 dB). Alguns dos trabalhos apresentam melhores resultados quando são utilizadas PORPs<sup>5,11</sup>, mas outros existem em que se conclui não haver diferenças entre a utilização dos dois tipos de próteses<sup>6-10</sup> ou mesmo mostrando maiores ganhos com a utilização de TORPs<sup>4,12,16</sup>. Desta forma, a partir dos resultados do nosso estudo e da revisão dos artigos publicados, a utilização de TORPs em relação às PORPs parece não constituir, por si só, motivo para esperar menores ganhos audiométricos.

Ao contrário da incerteza que parece existir em relação aos ganhos obtidos pelos dois tipos diferentes de próteses, existe maior consenso referindo a integridade do martelo como factor de bom prognóstico<sup>6,11</sup>. Este aspecto poderá resultar da função do martelo na estabilização da membrana do tímpano, permitindo uma melhor concentração do som e mantendo-a numa posição correcta, impedindo assim a lateralização da prótese e aumentando o arejamento do ouvido médio<sup>6</sup>.

Procedeu-se também à comparação dos resultados do grupo 1 com os valores obtidos através de ossiculoplastias com moldagem ossicular ou de cortical óssea. A análise dos resultados globais no grupo 1 e grupo 2 mostraram ser superiores no primeiro, tanto a nível do PTA ( $p=0,0380$ ) como em relação ao ABG ( $p=0,0306$ ). Mesmo após a eliminação das timpanomastoidectomias canal *wall-down* do grupo 2 continuaram a verificar-se melhores resultados no grupo das

próteses de titânio em relação ao PTA (14,5 dB vs 8,9 dB) e ao ABG (12,7 dB vs 4,5 dB). Há poucos estudos publicados efectuando este tipo de comparação, observando-se que num trabalho as diferenças entre os doentes submetidos aos dois tipos diferentes de ossiculoplastias não eram significativas<sup>8</sup> e noutro que o grupo que colocava próteses de titânio apresentava melhores resultados<sup>17</sup>.

Os resultados das timpanoplastias realizadas isoladamente mostrou um ganho maior no grupo 1 em relação ao grupo 2, tanto no PTA (16,8 dB vs 10,7 dB) como no ABG (15,7 dB vs 7,9 dB). Estes dados revelaram que no grupo que não efectuou mastoidectomia as próteses de titânio são mais eficazes que a moldagem ossicular ou de cortical óssea.

No caso das timpanomastoidectomias canal *wall up*, observaram-se também melhores resultados no grupo 1 em relação ao grupo 2, a nível do PTA (10,0 dB vs 7,0 dB) e do ABG (7,3 dB vs 0,6 dB), apesar de mais ténues.

Analisando o ganho audiométrico obtido pela utilização de titânio, no nosso estudo e noutros já publicados, há doentes em que o resultado funcional não é o esperado. Estes problemas têm sido essencialmente explicados pela existência de luxações das próteses, movimentos da cartilagem que as recobre ou alteração do ângulo entre a membrana do tímpano e o material protésico. O ângulo formado entre a prótese e a membrana do tímpano não deverá exceder os 30º, uma vez que uma angulação maior poderá resultar num movimento rotacional em detrimento de um movimento perpendicular ao tímpano, com conseqüente perda de energia<sup>18</sup>. Outro problema técnico que poderá influenciar os resultados prende-se com a inserção de uma prótese demasiado curta, como tem sido demonstrado em algumas revisões cirúrgicas<sup>6,11</sup>. Schmerber et al<sup>11</sup> recomendam mesmo que a prótese a inserir seja suficientemente longa, de forma a produzir um efeito tipo “tenda” a nível da membrana do tímpano, sendo sugerido que uma prótese demasiado curta poderá originar uma descontinuidade da cadeia ossicular devido às variações de pressão.

Outro dos problemas conhecidos em relação à colocação de próteses de material heterólogo no ouvido médio e a sua percentagem de extrusões. Neste aspecto a utilização de titânio no fabrico das próteses e a colocação de cartilagem entre esta e a membrana do tímpano parece ter reduzido a taxa de extrusões, na maioria dos casos, para valores em torno dos 2%<sup>3-13</sup>. No nosso estudo não se verificou nenhuma extrusão, o que está de acordo com a taxa de extrusões descrita.

Entre as limitações deste estudo, deve-se salientar que as cirurgias foram efectuadas por diversos elementos do Serviço. Outro viés deste trabalho é a inexistência de análise da patologia prévia que motivou a cirurgia, o que poderá ter influência em alguns dos resultados apresentados. Por fim, tal como na generalidade dos trabalhos sobre a utilização

de próteses de titânio, não estão incluídos resultados e complicações a médio/longo prazo, o que constitui ainda um campo que necessita de investigação mais aprofundada.

O estudo que efectuámos analisa os resultados de 21 PORPs e TORPs de titânio colocadas no nosso serviço. Este número reduzido de casos dificulta a obtenção de resultados estatisticamente relevantes. No entanto, o facto de durante o mesmo período terem sido efectuadas ossiculoplastias com moldagem ossicular ou de cortical óssea permitiu realizar uma interessante comparação entre os resultados dos dois tipos de reconstruções, sob circunstâncias semelhantes. Assim, este estudo representa não só uma importante análise inicial como um ponto de partida para futuros trabalhos a efectuar com grupos maiores e com uma metodologia que permita uma diminuição dos factores de viés.

## CONCLUSÕES

Os resultados audiométricos obtidos com a utilização de próteses de titânio são promissores, quer quando analisados isoladamente, quer quando comparados com ossiculoplastias com moldagem ossicular ou de cortical óssea. Mesmo admitindo que novos estudos com populações maiores serão necessários para obter resultados mais robustos, fica demonstrada a eficácia da colocação de PORPs e TORPs de titânio, em especial quando não estão associadas a mastoidectomias.

## Referências Bibliográficas:

- Williams D. Titanium: epitome of biocompatibility or cause for concern. *J. Bone Joint Surg. Br.* 1994;76:348-9.
- Schwager K. Scanning electron microscopic findings in titanium middle ear prosthesis. *Laryngorhinootologie* 2000 Dec;79(12):762-6.
- Iñiguez-Cuadra R, Alobid I, Borés-Domenech A, Menéndez-Colino L, et al. Type III Tympanoplasty with Titanium Total Ossicular Replacement Prosthesis: Anatomic and Functional Results. *Otology & Neurotology* 2010 Apr;31(3):409-414.
- Gardner EK, Jackson CG, Kaylie DM. Results with titanium ossicular reconstruction prosthesis. *Laryngoscope* 2004 Jan;114(1):65-70.
- Martin AD, Harner SG. Ossicular reconstruction with titanium prosthesis. *Laryngoscope* 2004 Jan;114(1):61-64.
- Mardassi A, Deveze A, Sanjuan M, Mancini J, et al. Titanium ossicular chain replacement prosthesis: Prognostic factors and preliminary functional results. *Eur. Ann. Otorhinolaryngol. Head Neck Dis.* 2011 Apr;128(2):53-58.
- Alaani A, Raut VV. Kurz titanium prosthesis ossiculoplasty-follow-up statistical analysis of factors affecting one year hearing results. *Auris Nasus Larynx* 2010 Apr;37(2):150-154.
- Woods O, El Fata F, Saliba I. Ossicular reconstruction: incus versus universal titanium prosthesis. *Auris Nasus Larynx* 2009 Aug;36(4):387-392.
- Coffey CS, Lee FS, Lambert PR. Titanium versus nontitanium prostheses in ossiculoplasty. *Laryngoscope* 2008 Set;118(9):1650-1658.
- Vassbotn F, Møller P, Silvola J. Short-term results using Kurz titanium ossicular implants. *Eur. Arch. Otorhinolaryngol.* 2007;264(1):21-25.
- Schmerber S, Troussier J, Dumas G, Lavielle J, et al. Hearing results with the titanium ossicular replacement prosthesis. *Eur. Arch. Otorhinolaryngol.* 2006;263(4):347-54.
- Dalchow C, Grun D, Stupp H. Reconstruction of the ossicular chain with titanium implants. *Otolaryngol. Head Neck Surg.* 2001 Dec;125(6):628-630.
- Truy E, Naiman AN, Pavillon C, Abedipour D, et al. Hydroxyapatite versus titanium ossiculoplasty. *Otol. Neurotol.* 2007 Jul;28(4):492-498.
- Neff B, Rizer F, Schuring A, Lippy W. Tympano-ossiculoplasty utilizing the Spiggle and Theis titanium total ossicular replacement prosthesis. *Laryngoscope* 2003 Sep;113(9):1525-1529.
- Menéndez-Colino LM, Bernal-Sprekelsen M, Alobid I, Trassera-Coderch J. Preliminary functional results of tympanoplasty with titanium prosthesis. *Otolaryngol. Head Neck Surg.* 2004 Nov;131(5):747-749.
- Krueger WW, Feghali JG, Shelton C, Green JD, et al. Preliminary ossiculoplasty results using the Kurz titanium prosthesis. *Otol. Neurotol.* 2002 Nov;23(6):836-839.
- Geyer G, Rucker J. Results after rebuilding the ossicular chain using the autogenous incus, ionomer-cement-and titanium implants (tympanoplasty type III). *Laryngorhinootologie.* 2002 Mar;81(3):164-170.
- Goode RL, Nishihara S. Experimental models of ossiculoplasty. *Otolaryngol. Clin. North Am.* 1994 Aug;27(4):663-675.