

# Estapedotomía convencional versus estapedotomía con láser CO<sub>2</sub> en el Hospital Regional «General Ignacio Zaragoza»

Emma Edith Piñeyro Silva,<sup>\*,\*\*</sup> César Alfonso Gutiérrez Espinosa\*

## RESUMEN

**Antecedentes:** La otosclerosis es una osteodistrofia de la cápsula ótica humana y se presenta con hipoacusia conductiva, aunque también puede aparecer como hipoacusia neurosensorial e hipoacusia mixta. El tratamiento de elección es la estapedotomía. **Objetivo:** Comparar los resultados audiométricos de la cirugía de estapedotomía primaria con la técnica convencional y la técnica con uso de láser CO<sub>2</sub> en pacientes con diagnóstico de otosclerosis. **Material y métodos:** Estudio transversal, analítico, retrolectivo. Se incluyeron de forma aleatoria pacientes con diagnóstico de otosclerosis del Servicio de Otorrinolaringología del Hospital Regional «General Ignacio Zaragoza» entre 2012 y 2016. Se analizaron los datos obtenidos en las audiometrías preoperatoria y postoperatoria, en tablas de contingencia de dos por dos, se compararon ambas técnicas quirúrgicas y se realizó una prueba de Fisher a través de GraphPad InStat v. 3.0 para datos no paramétricos. **Resultados:** Se realizaron 135 estapedotomías, en 61 se utilizó la técnica convencional y en 74, la técnica con láser CO<sub>2</sub>. Se dividió a los pacientes en tres subgrupos de acuerdo con las características de la hipoacusia y se compararon los resultados audiométricos postoperatorios entre ambas técnicas y cada grupo, sin encontrarse diferencia estadísticamente significativa (grupo 1  $p = 0.7090$ , grupo 2  $p = 0.4098$  y grupo 3  $p = 0.3090$ ). Se obtuvieron resultados satisfactorios en el 89% ( $n = 120$ ) de los pacientes y hubo 15 con hipoacusia residual. **Conclusión:** En este estudio no se obtuvo una diferencia estadísticamente significativa en el resultado audiológico en pacientes operados con una u otra técnica quirúrgica.

**Palabras clave:** Otosclerosis, estapedectomía, láser, hipoacusia, brecha.

**Nivel de evidencia:** III

*Conventional stapedotomy compared to CO<sub>2</sub> laser stapedotomy at the Regional Hospital «General Ignacio Zaragoza»*

## ABSTRACT

**Background:** Otosclerosis is an osteodystrophy of the human optic capsule and presents with conductive hearing loss, although it may also appear as sensorineural hypoacusis and mixed hearing loss. The treatment of choice is stapedotomy. **Objective:** To compare the audiometric results of primary stapedotomy surgery with the conventional technique and the one using CO<sub>2</sub> laser in patients diagnosed with otosclerosis. **Material and methods:** Cross-sectional, retrospective, analytical study. Patients with diagnosis of otosclerosis from the Otorhinolaryngology Department of the Regional Hospital «General Ignacio Zaragoza» between 2012 and 2016 were randomly included. The data obtained in the preoperative and postoperative audiometries were analyzed in two by two contingency tables comparing both surgical techniques and a Fisher's test was performed through GraphPad InStat v. 3.0 for non-parametric data. **Results:** A total of 135 stapedotomies were performed, 61 using the conventional technique and 74 using the CO<sub>2</sub> laser technique. The patients were divided into three subgroups according to the characteristics of their hearing loss and the postoperative audiometric results were compared between the two techniques and each group, without finding a statistically significant difference (group 1  $p = 0.7090$ , group 2  $p = 0.4098$  and group 3  $p = 0.3090$ ). Satisfactory results were obtained in 89% ( $n = 120$ ) of the patients, and there were 15 with residual hearing loss. **Conclusion:** In this study, we did not obtain a statistically significant difference in the audiological outcome in patients operated on with any of the surgical techniques.

**Key words:** Otosclerosis, stapedectomy, laser, hearing loss, gap.

**Level of evidence:** III

\* Especialidad en Otorrinolaringología y Cirugía de Cabeza y Cuello. Departamento de Otorrinolaringología del Hospital Regional «General Ignacio Zaragoza», ISSSTE.

\*\* Facultad Mexicana de Medicina, Universidad La Salle, México.

Recibido para publicación: 14/09/2017. Aceptado: 30/11/2017.

Este artículo puede ser consultado en versión completa en:  
<http://www.medigraphic.com/analesmedicos>

Correspondencia: Emma Edith Piñeyro Silva  
Av. México Núm. 110, Int. 101, Col. Santa Cruz Atoyac, 03310,  
Del. Benito Juárez, Ciudad de México. Tel: 55-43-18-90-29  
E-mail: draeedith@gmail.com

## Abreviaturas:

TC = Técnica convencional.  
TLCO<sub>2</sub> = Técnica con láser CO<sub>2</sub>.  
dB = Decibel.  
OC = Otosclerosis.  
ISSSTE = Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado.

## INTRODUCCIÓN

La otosclerosis es una enfermedad que afecta la cápsula ótica; es una patología causante de hipoacusia progresiva de herencia autosómica dominante con diferente grado de penetrancia.

Este trastorno afecta en sus inicios a la *fissula ante fenestram* y en las etapas más avanzadas invade la cápsula ótica.<sup>1,2</sup> Si la osteodistrofia fibrosa se extiende al ligamento anular de la ventana oval, puede causar fijación del estribo y una deficiencia auditiva conductiva. Sin embargo, si el crecimiento óseo se extiende dentro de la cóclea, entonces los componentes neurosensoriales podrían manifestarse.<sup>3,4</sup> Por otra parte, la otosclerosis puede resultar en pérdida auditiva neurosensorial si hay otosclerosis coclear. Sin embargo, es más común que la otosclerosis afecte el ligamento anular fijando la platina a la ventana oval, lo que resulta en hipoacusia conductiva pura.<sup>5,6</sup>

El diagnóstico de otosclerosis es clínico y se basa en una historia clínica de pérdida auditiva progresiva, una membrana timpánica normal y hallazgos audiológicos.<sup>7</sup> La evaluación audiológica típicamente revela un timpanograma con curva A<sub>s</sub>, que indica una mayor rigidez en la movilidad de la membrana timpánica y el sistema del oído medio. En la audiometría tonal, se puede encontrar en nicho de Carhart, que es un sello distintivo de la otosclerosis.<sup>8</sup> Las opciones de tratamiento para la otosclerosis incluyen medicación, amplificación e intervención quirúrgica.<sup>9</sup> En general, el abordaje quirúrgico de la otosclerosis se considera la opción más eficaz.<sup>10</sup> La estapedotomía y la estapedectomía no presentan diferencias sustanciales entre ellas y ambas se han reportado con resultados clínicos similares; son las cirugías que se realizan para el tratamiento de la otosclerosis que, en manos de un cirujano con experiencia, permiten la recuperación del componente conductivo de la hipoacusia en los pacientes afectados por esta patología.<sup>11</sup> Se puede crear una fenestra de estapedotomía usando una técnica de *microdrill* o asistida por láser.<sup>12</sup> Algunos autores prefieren hacer la fenestra con láser sobre la técnica convencional en la estapedotomía, ya que consideran que ofrece la ventaja de una mayor precisión en su aplicación y un menor riesgo de movilización de la platina. Sin embargo, otros estudios han informado que no existen diferencias significativas en el resultado quirúrgico o las tasas de complicaciones entre ambas técnicas quirúrgicas.<sup>13</sup>

La cirugía para la otosclerosis tiene resultados auditivos favorables; cierra la brecha ósea-aérea y mejora la sensibilidad auditiva y otros síntomas como

el acúfeno.<sup>14,15</sup> Sin embargo, dado que es un procedimiento difícil y delicado, la cirugía puede fallar por una serie de razones. La cirugía de revisión tiene menos éxito en la mejora de la pérdida auditiva que la intervención primaria.<sup>16,17</sup> En general, existen muchos factores que podrían contribuir al éxito del procedimiento primario, como la experiencia del cirujano, así como las variaciones anatómicas y el alcance del foco otosclerótico.<sup>18</sup> Por lo tanto, es muy importante evaluar la tasa de éxito del abordaje quirúrgico utilizado.

El objetivo de este estudio fue comparar los resultados audiológicos de la cirugía de estapedotomía con técnica convencional (TC) contra la estapedotomía con láser CO<sub>2</sub> (TLCO<sub>2</sub>) en pacientes con diferente tipo de hipoacusia en otosclerosis (OC) en el Hospital Regional «General Ignacio Zaragoza», ISSSTE, Ciudad de México, en el periodo de 2012 a 2016.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Se realizó un estudio transversal, analítico, retrolectivo en el Hospital Regional «General Ignacio Zaragoza», en la Ciudad de México, entre 2012 y 2016; se incluyeron pacientes del Servicio de Otorrinolaringología con diagnóstico clínico y audiológico de otosclerosis y con membrana timpánica normal a la otoscopia. A todos se les realizó exploración otológica, acimetría con diapasones de 256, 512 y 1,024 Hz, y se realizó audiometría y timpanometría.

Se estudiaron dos grupos de acuerdo con la terapéutica empleada. El primero estuvo constituido por los pacientes intervenidos quirúrgicamente empleando la técnica convencional con microscopio OPMI Pentero 900 (Carl Zeiss Meditec AG, Göschwitzer Strasse 51-52 07745 Jena, Alemania) y la prótesis de Fluoroplastic piston de 0.6 mm (Olympus and Gyrus ACMI, ENT DIVISION 2925 Appling Road Bartlett, TN 38133, USA), bajo sedación. El segundo grupo fue intervenido empleando el sistema láser CO<sub>2</sub> Lumenis Sharplan 40C (Lumenis Ltd. Yokneam Industrial Park POB Número 240 Yokneam 2069204, Israel), micromanipulador Sharplan 712 Acuspot (Lumenis Ltd. Yokneam Industrial Park POB Número 240 Yokneam 2069204, Israel), microscopio OPMI Pentero 900 (Carl Zeiss Meditec AG, Göschwitzer Strasse 51-52 07745, Jena, Alemania) y la prótesis SMart Pistons Nitinol/Fluoroplastic (Olympus and Gyrus ACMI, ENT DIVISION: 2925 Appling Road Bartlett, TN 38133, USA), bajo anestesia general.

A su vez, estos dos grupos fueron subclasificados en tres subgrupos de acuerdo con los resultados ob-

tenidos en la audiometría prequirúrgica, clasificándolos en grupo 1: hipoacusia conductiva pura, vía aérea entre 30 y 40 dB, vía ósea hasta 15 dB, con o sin nicho de Carhart; grupo 2: hipoacusia mixta con o sin nicho de Carhart, vía ósea hasta 30 dB, vía aérea entre 40 y 50 dB; grupo 3: hipoacusia mixta con vía ósea entre 30-50 dB con o sin nicho de Carhart o descenso en agudos vía aérea entre 60 y 70 dB (*Cuadro I*). Tras las debidas intervenciones quirúrgicas, se analizaron los resultados por medio de audiometría postquirúrgica, y los resultados de ésta se compararon entre los distintos grupos (*Cuadro II*).

A continuación, se describen las técnicas quirúrgicas:

Técnica quirúrgica: estapedotomía convencional:

1. Abordaje transcanal.
2. Elevación del colgajo timpanomeatal.
3. Identificación de referencias anatómicas.
4. Confirmación de la fijación de la cadena osicular por palpación.

**Cuadro I.** Condiciones prequirúrgicas y los subgrupos de estudio.

Técnica quirúrgica	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Total
TC n (%)	24 (39.34)	25 (40.9)	12 (19.6)	61 (100)
TLCO <sub>2</sub> n (%)	22 (29.72)	36 (48.64)	16 (21.62)	74 (100)

Pacientes sometidos a estapedotomía por técnica convencional (TC) o por técnica con láser CO<sub>2</sub> (TLCO<sub>2</sub>) con diferentes grados de hipoacusia conductiva; grupo 1, vía aérea (VA) 30-40 dB y vía ósea (VO) hasta 15 dB con nicho de Carhart (NC); grupo 2, hipoacusia mixta VA 40-50 dB y VO 40 dB NC; grupo 3, con hipoacusia mixta VA 60-70 dB y VO 30-50 dB NC.

**Cuadro II.** Resultado postoperatorio.

Brecha en audiometría postquirúrgica	Grupo 1		Grupo 2		Grupo 3		Total
	0-10	≥ 10 sin mejoría	0-10	≥ 10 sin mejoría	0-10	≥ 10 sin mejoría	
TC n (%)	21 (87.5)	3 (12.5)	24 (96)	1 (4)	9 (75)	3 (25)	61
TLCO <sub>2</sub> n (%)	19 (86.36)	3 (13.64)	36 (100)	0 (0)	11 (68.75)	5 (31.25)	74
p	0.7090		0.4098		0.3090		

Evaluación audiométrica postquirúrgica de los pacientes sometidos a estapedotomía TC o TLCO<sub>2</sub>, de acuerdo al cierre de brecha entre 0-10 dB (mejoría de la audición) o con brecha mayor a 10 dB (sin mejoría de la audición). Se expresa el valor de p debajo de cada grupo, del cual se tomaron las tablas de contingencia.

5. Resección de pared posterior con cucharilla de House.
6. Se introduce un medidor de platina para la distancia y se corta la prótesis a la medida.
7. Corte del tendón del estribo con microtijera.
8. Desarticulación incudoestapedial y retiro de la cruz posterior de la platina instrumentada.
9. Se utiliza el perforador de platina para la fenestra.
10. Se coloca la prótesis *cause loop* de 0.8 x 0.6 x 6.0 mm.
11. Se coloca material Gelfoam en el oído medio, impregnado con cloranfenicol.
12. Recolocación del colgajo timpanomeatal y colocación de Merocel en el conducto.

Técnica quirúrgica: estapedotomía con láser CO<sub>2</sub>:

1. Abordaje transcanal o retroauricular, dependiendo de las características anatómicas del paciente.
2. Elevación del colgajo timpanomeatal.
3. Identificación de las referencias anatómicas.
4. Confirmación de la fijación de la cadena osicular por palpación.
5. Fresado de la pared posterior con microfresa redonda de diamante y pieza de mano quirúrgica con sujeción de palanca, sistema de acoplamiento: ISO 3964 (DIN 13.940) 1:1, angulada, desmontable, para fresas quirúrgicas, con Ø 2.35 mm, L = 45 mm (también del sistema Stryker); revoluciones máximas 50.000 min.
6. Presentación de prótesis para mediciones.
7. Vaporización del tendón del estribo mediante el uso de láser CO<sub>2</sub> Lumenis Sharplan 40C, con micromanipulador AcuSpot 712.
8. Desarticulación incudoestapedial instrumentada.
9. Vaporización de la cruz posterior con láser CO<sub>2</sub> 2 W.
10. Vaporización en roseta de la platina usando láser CO<sub>2</sub> 1 W.
11. Ajuste de la prótesis SMart Pistons Nitinol/Fluoroplastic (Olympus and Gyrus ACMI, ENT DIVISION: 2925 Appling Road Bartlett, TN 38133, USA).
12. Se ratifica la prótesis con láser CO<sub>2</sub> a 1 W.
13. Se coloca 1 cm<sup>3</sup> de sangre venosa autóloga en el oído medio.
14. Recolocación del colgajo timpanomeatal, colocación de Merocel en el conducto.

Se excluyeron pacientes con hipoacusia que no contaban con datos clínicos de otosclerosis y aquéllos sin un seguimiento audiométrico postoperatorio registrado en expediente clínico.

Se analizaron los datos globales obtenidos en las audiometrías respecto a cada grupo en tablas de con-

tingencia de dos por dos, comparando ambas técnicas quirúrgicas, y se analizó su significancia con una prueba de Fisher a través de GraphPad InStat v. 3.0 para datos no paramétricos.

Todas las intervenciones se realizaron de acuerdo con las guías estandarizadas para el protocolo y bajo consentimiento informado.

## RESULTADOS

En cuanto a los pacientes que se intervinieron con la TC, el grupo 1 contaba con 24, que correspondió al 39.3%, el grupo 2 con 25, que representaba el 40.9%, y el grupo 3 con 12, equivalentes a 19.6%. De los pacientes con TCLCO<sub>2</sub>, en el grupo 1 fueron 22, que correspondieron al 29.7%, del grupo 2, 36, que representaban 48.64%, y del grupo 3, 16, con un 21.62%.

Posteriormente a las debidas intervenciones quirúrgicas, se analizaron los resultados por medio de audiometría postquirúrgica, y los resultados de ésta se utilizaron para comparar ambas técnicas quirúrgicas en cada grupo de pacientes.

En cuanto a los resultados postquirúrgicos, se observó en el grupo 1 que de los pacientes intervenidos con TC, el 87.5% (n = 21) logró un cierre de la brecha óseo-aérea entre 0-10 dB, de manera similar a los intervenidos con la TCLCO<sub>2</sub>, ya que el 86.36% (n = 19) de aquellos intervenidos con esta técnica obtuvieron mejoría en su audiometría; se observó que no existían diferencias significativas (p = 0.7090) en los resultados de ambos procedimientos en este grupo de pacientes. Así mismo, 12.5% (n = 3) de los intervenidos con TC y el 13.64% (n = 3) con TCLCO<sub>2</sub> no presentaron cierre de la brecha óseo-aérea a menos de 10 dB o no hubo mejoría en el grado de hipoacusia igual al prequirúrgico.

Al comparar en el grupo 2 los resultados postquirúrgicos, se puede observar que casi la totalidad de los pacientes lograron un cierre de la brecha óseo-aérea y recuperaron la función con ambas técnicas, 96% de los intervenidos con TC y el 100% de los intervenidos con TCLCO<sub>2</sub> (p = 0.4098).

Por último, en el grupo 3 se obtuvieron los siguientes resultados: el 75% (n = 9) de los intervenidos con TC logró un cierre de la brecha óseo-aérea entre 0-10 dB y el 25% (n = 3) no presentaron mejoría, lo que se compara con la TCLCO<sub>2</sub>, donde sólo el 68.75% (n = 11) de los pacientes obtuvieron mejoría y en el 31.25% (n = 5) persistió un brecha óseo-aérea superior a 10 dB. Aunque se observó una tendencia de mayor tasa de éxito en los pacientes intervenidos con TC, no fue significativamente superior a la obtenida por TCLCO<sub>2</sub> (p = 0.3090).

## DISCUSIÓN

En este estudio se comparan dos técnicas quirúrgicas para mejorar la audición en pacientes con otosclerosis: la convencional y con uso de láser CO<sub>2</sub>. Cada procedimiento fue hecho por un cirujano capacitado para realizarlos.

Con la técnica convencional, se realiza la fenestra en la platina de forma manual, lo cual tiene una baja intensidad acústica, con duración de pocos segundos, por lo que es una herramienta segura en la perforación de la platina, sin causar trauma acústico. Nuestro grupo de pacientes intervenidos con TC no presentó daño en frecuencias agudas (8,000 Hz) en la audiometría postquirúrgica de control; en los pacientes intervenidos con TLCO<sub>2</sub> se observó que cerca de 81% tuvieron lesión en este rango de frecuencias. Asimismo, en el postquirúrgico inmediato se observó menor frecuencia de sintomatología vestibular respecto a la técnica con láser, lo que acortó el tiempo de estancia hospitalaria. Con esta técnica, se manipulan con instrumental quirúrgico estructuras muy delicadas, como la platina o su tendón, lo cual puede provocar trauma mecánico al oído interno y agregar un componente sensorial a la hipoacusia. La desinserción del tendón del estribo de la TC puede o no realizarse en la técnica con TLCO<sub>2</sub>; esta maniobra presenta el riesgo de conducir a una desarticulación o fractura de la cadena osicular, lo cual conduce a otras complicaciones;<sup>19</sup> sin embargo, funcionalmente no modifica los resultados postquirúrgicos. En el grupo 1 que se sometió a la TC hubo un paciente en quien se desarticuló el estribo, dejando expuesto el oído interno, por lo que se colocó un injerto de fascia del músculo temporal en la ventana oval y, posteriormente, la prótesis. Este paciente presentó una evolución favorable y mejoría en la audición.

El uso del sistema láser CO<sub>2</sub> proporciona una penetración no vibracional de la ventana oval; implica que no hay contacto mecánico ni presión sobre las estructuras del oído.<sup>20</sup> Su única limitación es el efecto del calentamiento en los fluidos laberínticos, que pone en peligro la función del oído interno. Los efectos térmicos en el oído interno y los síntomas vestibulares asociados han sido objeto de discusiones,<sup>21</sup> ya que en pacientes operados con TLCO<sub>2</sub> es más frecuente observar esta sintomatología; en nuestra población se registró el mismo fenómeno. Algunos autores refieren que los resultados funcionales en la estapedotomía con láser son mejores que con los métodos convencionales, con la obtención del cierre de la brecha óseo-aérea a menos de 10 dB después de



la cirugía realizada con láser; sin embargo, en nuestro estudio, el número de pacientes que consiguieron un cierre la brecha óseo-aérea a menos de 10 dB fue similar con el uso de ambas técnicas. La técnica con láser CO<sub>2</sub> ofrece la ventaja de presentar menor sangrado, lo cual permite mejor visualización de las estructuras durante el procedimiento que con la técnica convencional.<sup>22</sup>

La elección de los pacientes en cada una de las técnicas fue de forma aleatoria, sólo que cumplieran con los criterios para el diagnóstico de otosclerosis. Nosotros observamos que al elegir entre alguna técnica quirúrgica para la mejoría de la audición en pacientes con otosclerosis deben tomarse en cuenta múltiples factores, como los recursos presentes en el medio hospitalario, así como la destreza en el cirujano para realizar cualquiera de los procedimientos mencionados, dado que el pronóstico postoperatorio no difiere entre ambas técnicas.

### CONCLUSIÓN

En este estudio se observó una ganancia auditiva aceptable en la mayoría de los procedimientos realizados con una u otra técnica quirúrgica, ya sea con el empleo del sistema láser o con la técnica convencional. Consideramos que la TC es una opción excelente para realizar la estapedotomía; sin embargo, requiere de manos experimentadas para que la manipulación de las estructuras sea mínima y evitar complicaciones. El sistema láser, al igual, es una excelente herramienta para la realización de la estapedectomía, y tiene ciertas ventajas, ya que disminuye la manipulación y mejora la visibilidad en el oído medio (con la consecuente disminución de accidentes e incidentes); así mismo, la experiencia del cirujano juega un rol muy importante en su realización. En el presente estudio no se obtuvo una diferencia estadísticamente significativa en el resultado audiológico en pacientes operados con una u otra técnica quirúrgica.

### BIBLIOGRAFÍA

1. Van Rompaey V, Van De Heyning P. In reference to laser versus conventional fenestration in stapedotomy for otosclerosis: a systematic review. *Laryngoscope*. 2014; 124 (9): E394.
2. Brase C, Keil I, Schwitulla J, Mantopoulos K, Schmid M, Iro H et al. Bone conduction after stapes surgery: comparison of CO<sub>2</sub> laser and manual perforation. *Otol Neurotol*. 2013; 34 (5): 821-826.
3. Alzhrani F, Mokhatrish MM, Al-Momani MO, Alshehri H, Hagr A, Garadat SN. Effectiveness of stapedotomy in improving hearing sensitivity for 53 otosclerotic patients: retrospective review. *Ann Saudi Med*. 2017; 37 (1): 49-55.
4. Wegner I, Kamalski DM, Tange RA, Vincent R, Stegeman I, van der Heijden GJ et al. Laser versus conventional fenestration in stapedotomy for otosclerosis: a systematic review. *Laryngoscope*. 2014; 124 (7): 1687-1693.
5. Richard C, Doherty JK, Fayad JN, Cordero A, Linthicum FH Jr. Identification of target proteins involved in cochlear otosclerosis. *Otol Neurotol*. 2015; 36 (5): 923-931.
6. Barbara M, Lazzarino AI, Murè C, Macrì C, Volpini L, Monini S. Laser versus drill-assisted stapedotomy for the treatment of otosclerosis: a randomized-controlled trial. *Int Adv Otol*. 2011; 7 (3): 283-288.
7. Kamalski DM, Wegner I, Tange RA, Vincent R, Stegeman I, van der Heijden GJ et al. Outcomes of different laser types in laser-assisted stapedotomy: a systematic review. *Otol Neurotol*. 2014; 35 (6): 1046-1051.
8. Fang L, Lin H, Zhang TY, Tan J. Laser versus non-laser stapedotomy in otosclerosis: a systematic review and meta-analysis. *Auris Nasus Larynx*. 2014; 41 (4): 337-342.
9. Shiao AS, Kuo CL, Cheng HL, Wang MC, Chu CH. Controversial issues of optimal surgical timing and patient selection in the treatment planning of otosclerosis. *Eur Arch Otorhinolaryngol*. 2014; 271 (5): 1007-1014.
10. Cuda D, Murri A, Mochi P, Solenghi T, Tinelli N. Microdrill, CO<sub>2</sub>-laser, and piezoelectric stapedotomy: a comparative study. *Otol Neurotol*. 2009; 30 (8): 1111-1115.
11. Brase C, Schwitulla J, Künzel J, Meusel T, Iro H, Hornung J. First experience with the fiber-enabled CO<sub>2</sub> laser in stapes surgery and a comparison with the "one-shot" technique. *Otol Neurotol*. 2013; 34 (9): 1581-1585.
12. Yetiser S. Flexible fiber optic carbon-dioxide laser assisted stapedotomy in otosclerosis. *Int J Otolaryngol*. 2016; 2016: 4958074.
13. Just T, Guder E, Pau HW. Effect of the stapedotomy technique on early post-operative hearing results — Preliminary results. *Auris Nasus Larynx*. 2012; 39 (4): 383-386.
14. Bittermann AJ, Rovers MM, Tange RA, Vincent R, Dreschler WA, Grolman W. Primary stapes surgery in patients with otosclerosis: prediction of postoperative outcome. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg*. 2011; 137 (8): 780-784.
15. Sperling NM, Sury K, Gordon J, Cox S. Early postoperative results in stapedectomy. *Otolaryngol Head Neck Surg*. 2013; 149 (6): 918-923.
16. Hirvonen TP, Aalto H. Immediate postoperative nystagmus and vestibular symptoms after stapes surgery. *Acta Otolaryngol*. 2013; 133 (8): 842-845.
17. Strömbäck K, Köbler S, Rask-Andersen H. High frequency hearing following stapes surgery. *Acta Otolaryngol*. 2012; 132 (9): 944-950.
18. Young E, Mitchell-Innes A, Jindal M. Lasers in stapes surgery: a review. *J Laryngol Otol*. 2015; 129 (7): 627-633.
19. Bagger-Sjöbäck D, Strömbäck K, Hultcrantz M, Papatziamos 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.
20. Chang MY, Choi HS, Lee SY, Koo JW. Comparison of free-beam and fiber-type CO<sub>2</sub> laser delivery systems in stapes surgery. *J Audiol Otol*. 2017; 21 (2): 103-106.
21. Albers AE, Schönfeld U, Kandilakis K, Jovanovic S. CO<sub>2</sub> laser revision stapedotomy. *Laryngoscope*. 2013; 123 (6): 1519-1526.
22. Kamalski DM, Verdaasdonk RM, de Boorder T, Vincent R, Versnel H, Grolman W. Comparing mechanical effects and sound production of KTP, thulium, and CO<sub>2</sub> laser in stapedotomy. *Otol Neurotol*. 2014; 35 (7): 1156-1162.