

耳硬化症患者激光镫骨底板开窗术的短期疗效分析

谢立¹ 刘爱国¹ Shenoy Imrit T¹ 彭利艳¹ 周良强¹

[摘要] 目的:评估耳硬化症患者行激光镫骨底板开窗术后的短期疗效。方法:回顾性分析21例(21耳)行激光镫骨底板开窗术的耳硬化症患者的临床资料。比较术前和术后3个月纯音测听0.5、1、2、4 kHz频率的气导(AC)、骨导(BC)阈值和气骨导差(ABG)平均值,并统计手术并发症的发生情况。结果:21耳术前和术后AC阈值分别为(58.2±12.7) dB HL和(43.0±23.1) dB HL,术后AC阈值降低15.2 dB HL($P<0.01$);0.5、1、2、4 kHz各频率术后AC阈值较术前均显著降低。术前术后BC阈值分别为(31.4±10.3) dB HL和(33.3±16.6) dB HL,差异无统计学意义;各频率的手术前后BC阈值差异亦无统计学意义。3耳(14.3%)术后BC阈值减低>10 dB HL,出现过度闭合。手术前后ABG平均值分别为(27.0±9.1) dB HL和(9.6±9.9) dB HL,术后ABG缩小17.4 dB HL($P<0.01$);各频率ABG平均值均显著缩小。14耳(66.7%)术后ABG≤10 dB HL,18耳(85.7%)术后ABG≤20 dB HL。术后2耳(9.5%)出现感音神经性听力损失;15耳(71.4%)耳鸣和3耳(14.3%)眩晕均于术后第3天缓解。结论:激光辅助下镫骨底板开窗术治疗耳硬化症安全有效,虽然术后骨导阈值稍有提高,但不影响总体听觉康复效果。

[关键词] 耳硬化症;激光;镫骨开窗术;治疗效果

doi:10.13201/j.issn.2096-7993.2020.12.005

[中图分类号] R764.32 **[文献标志码]** A

Short-term postoperative outcome of laser-assisted stapedotomy in patients with otosclerosis

XIE Li LIU Aiguo Shenoy Imrit T PENG Liyan ZHOU Liangqiang

(Department of Otolaryngology Head and Neck Surgery, Tongji Hospital, Tongji Medical College, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan, 430030, China)

Corresponding author: ZHOU Liangqiang, E-mail: andqiang@163.com

Abstract Objective: To assess the short-term efficacy of laser-assisted stapedotomy in patients with otosclerosis. **Method:** The clinical data of twenty-one patients with otosclerosis who underwent laser-assisted stapedotomy were retrospectively analyzed. Preoperative and 3-month postoperative standardized audiometric evaluations were carried out in all patients. The occurrence of surgical complications was observed. **Result:** The mean preoperative and postoperative air conduction (AC) thresholds were (58.2±12.7) dB HL and (43.0±23.1) dB HL respectively; the postoperative AC threshold decreased by 15.2 dB HL which was statistically significant at 0.5, 1, 2, and 4 kHz ($P<0.01$). The mean preoperative and postoperative bone conduction (BC) thresholds were (31.4±10.3) dB HL and (33.3±16.6) dB HL, and there was not significant difference between them as well as BC thresholds at each frequency. Overclosure >10 dB HL was occurred in 3 ears (14.3%) while sensorineural hearing loss >10 dB HL was found in 2 ears (9.5%). The mean ABG decreased by 17.4 dB HL ($P<0.01$) from preoperative (27.0±9.1) dB HL to postoperative (9.6±9.9) dB HL, and the ABG at each frequency had signifi-

¹华中科技大学同济医学院附属同济医院耳鼻咽喉头颈外科(武汉,430030)

通信作者:周良强,E-mail:andqiang@163.com

- [7] Kozin ED, Gulati S, Kaplan AB, et al. Systematic review of outcomes following observational and operative endoscopic middle ear surgery[J]. Laryngoscope, 2015, 125(5):1205-1214.
- [8] Ghadersohi S, Carter JM, Hoff SR. Endoscopic transcanal approach to the middle ear for management of pediatric cholesteatoma[J]. Laryngoscope, 2017, 127(11):2653-2658.
- [9] 郑永波,侯昭晖,汪照炎,等.45例鼓膜完整的传导性聋患者耳内镜下听骨链重建手术多中心回顾分析[J].中华耳鼻咽喉头颈外科杂志,2019,54(4):257-261.
- [10] Manna S, Kaul VF, Gray ML, et al. Endoscopic Versus Microscopic Middle Ear Surgery: A Meta-analysis of Outcomes Following Tympanoplasty and Stapes Surgery[J]. Otol Neurotol, 2019, 40(8):983-993.
- [11] Anschuetz L, Stricker D, Yacoub A, et al. Acquisition of basic ear surgery skills: a randomized comparison between endoscopic and microscopic techniques[J]. BMC Med Educ, 2019, 19(1):357.
- [12] Marchioni D, Rubini A, Gazzini L, et al. Complications in Endoscopic Ear Surgery[J]. Otol Neurotol, 2018, 39(8):1012-1017.

(收稿日期:2020-04-03)

cant decrease. Fourteen ears (66.7%) had postoperative ABG of ≤ 10 dB HL while 18 ears (85.7%) had postoperative ABG of ≤ 20 dB HL. Sensorineural hearing loss occurred in 2 ears (9.5%) after surgery, tinnitus in 15 ears (71.4%) and vertigo in 3 ears (14.3%). But all were relieved on the third day after operation. **Conclusion:** Laser-assisted stapedotomy is a safe and effective treatment of otosclerosis. Although BC thresholds was slightly increased after surgery, it did not affect the overall hearing outcomes.

Key words otosclerosis; laser; stapedotomy; treatment effectiveness

耳硬化症是一种原发性骨迷路病变,可导致镫骨固定,临床表现为传导性或混合性聋,以手术治疗为主^[1]。耳硬化症的手术方法不断更新发展,包括镫骨撼动、镫骨全部切除、镫骨部分切除以及镫骨底板开窗术等。镫骨手术总体安全有效,但仍存在永久性感音神经性听力损失(SNHL)等严重的并发症。目前普遍认为前庭开窗技术越微创,内耳损伤风险越小,因此镫骨底板开窗加人工镫骨植入术被广泛采用。而激光的热效应,微钻打孔的机械性损伤是影响手术疗效的重要因素^[1]。目前,激光辅助下镫骨开窗术是我科治疗耳硬化症的主要手术方式。本研究回顾性分析 21 例接受此类手术的耳硬化症患者资料,统计分析术前及术后 3 个月的听力学结果及手术并发症的发生情况,评估激光镫骨底板开窗人工镫骨植入术的安全性和短期疗效。

1 资料与方法

1.1 研究对象

2011-04—2016-12 共 43 例诊断为耳硬化症的患者接受手术治疗。排除中内耳畸形、中耳炎、鼓室硬化等其他疾病,纳入病历资料齐全的 21 例患者(21 耳),其中男 10 例,女 11 例;年龄 21~62 岁,平均(38.2±11.4)岁;左耳 7 例,右耳 14 例。所有患者以渐进性听力下降为主诉,病程 1~21 年,平均(6.8±6.6)年。术前检查鼓膜完整, Schwartze 征阳性 1 耳。纯音听阈测试传导性聋 6 耳,混合性聋 15 耳。鼓室图 A 或 As 型,镫骨肌反射消失。所有患者术前常规行 0.625 mm 薄层 HRCT 扫描,全身麻醉下接受 CO₂ 激光镫骨底板开窗+人工镫骨植入术。手术由同一经验丰富的耳科专家完成。

1.2 听力学检查

根据美国耳鼻咽喉头颈外科学会听力委员会发布的指南^[2],所有患者术前和术后第 3 个月行纯音测听检查,分别计算 0.5、1、2、4 kHz 的气导(air conduction, AC)、骨导(bone conduction, BC)平均阈值和气骨导差(air bone gap, ABG)平均值。手术成功标准为术后 ABG ≤ 10 dB HL^[3]。ABG 缩小值为术前平均 ABG 值减去术后平均 ABG 值。术后 BC 阈值升高 > 10 dB HL 为 SNHL,术后 BC 阈值降低 > 10 dB HL 提示闭合过度^[4]。

1.3 手术过程

21 耳行 CO₂ 激光镫骨底板开窗术,手术均由同一经验丰富的耳科专家完成。手术步骤:患耳朝

上,常规消毒铺单。作耳内切口,显微镜下耳道内径路自 12 点至 5 点钟方向距离鼓环 8 mm 以钨针式电刀切开外耳道后壁皮肤。钝性分离外耳道皮瓣,掀起鼓环。骨凿凿除部分外耳道后壁及上鼓室外侧壁骨质,充分暴露砧镫关节,术中注意保护鼓索神经及面神经。探查听骨链确认镫骨底板固定、锤砧关节活动正常后,离断砧镫关节。用测量器测量砧骨长脚外侧至镫骨底板表面的距离。用激光切断镫骨肌腱及镫骨后足弓,折断前弓后,取出镫骨板上结构。镫骨底板开窗直径为 0.5 mm。将直径 0.4 mm,长度 4.5~4.75 mm 的人工镫骨挂钩牢固悬挂于砧骨长脚,末端置于镫骨底板开窗内,开窗处周围间隙用耳屏软骨膜和纤维蛋白胶进行封闭,中耳腔放置纳吸棉。检查听骨链重建良好后,复位鼓-耳道皮瓣,纳吸棉以及碘仿纱条填塞外耳道,2 周后取出外耳内填塞物。术中发现有 3 例闭塞型耳硬化症(obliterative otosclerosis),先用微型电钻磨薄增厚的底板直至显露蓝色底板,然后用激光行底板开窗。卵圆窗开窗处用耳屏软骨膜和纤维蛋白胶进行封闭。

1.4 疗效评定标准

手术疗效分为:①极好:术后 ABG ≤ 10 dB HL;②较好:10 dB HL $<$ ABG ≤ 20 dB HL;③一般:20 dB HL $<$ ABG ≤ 30 dB HL;④失败:ABG > 30 dB HL^[5]。

1.5 统计学方法

连续变量以 $\bar{x} \pm s$ 表示,用 Shapiro-Wilk 进行正态性检验。对符合正态分布的连续变量行配对设计的 t 检验,对不符合正态分布的采用 Wilcoxon 符号秩检验。应用 Excel 和 SPSS 24.0 进行统计学分析, $P < 0.05$ 表示差异有统计学意义。

2 结果

2.1 听力检查

2.1.1 AC 听力 21 耳术前和术后 AC 平均阈值分别为(58.2±12.7) dB HL 和(43.0±23.1) dB HL,术后 AC 阈值降低 15.2 dB HL,差异有统计学意义($P < 0.01$),见表 1。术后 0.5、1、2、4 kHz 频率的 AC 阈值均显著降低($P < 0.05$),其中,0.5 kHz 和 1 kHz 频率 AC 听力改善明显,阈值分别下降 20.7 dB HL($P = 0.002$)和 18.3 dB HL($P = 0.004$),见表 2。4 耳(19%)的术后 AC 听力下降,阈值分别升高了 1.25 dB HL,6.25 dB HL,13.75 dB HL 和 47.5 dB HL。表 3 显示 0.5、1、2、

4 kHz 术前和术后 AC 和 BC 的平均阈值。

表 1 手术前后听力学检查结果 dB HL

听力学检查	术前	术后	差值	P
AC 平均阈值	58.2±12.7	43.0±23.1	15.2	0.006
BC 平均阈值	31.4±10.3	33.3±16.6	-1.9	0.537
ABG 平均值	27.0±9.1	9.6±9.9	17.4	<0.001

表 2 手术前后不同频率 AC 阈值比较 dB HL

频率/kHz	术前	术后	差值	P
0.5	61.9	41.2	20.7	0.002
1	58.3	40.0	18.3	0.004
2	53.6	39.8	13.3	0.010
4	59.0	51.0	8.1	0.040

表 3 手术前后不同频率 AC/BC 平均阈值

频率/ kHz	术前		术后	
	AC	BC	AC	BC
0.5	61.9±10.9	23.1±10.9	41.2±25.1	28.1±16.1
1	58.3±12.3	28.6±7.1	40.0±24.2	28.8±16.5
2	53.6±15.0	39.3±14.5	39.8±22.8	36.2±19.3
4	59.0±23.3	34.8±19.2	51.0±28.7	40.2±22.8

2.1.2 BC 听力 21 耳术前 BC 平均阈值为 (31.4±10.3) dB HL, 于 2 kHz 处 (Carhart 效应) 受累明显 (表 3), 术后 BC 平均阈值为 (33.3±16.6) dB HL, 手术前后 BC 平均阈值差异无统计学意义。尽管术后 2 kHz 的 BC 听力提高 3.1 dB HL, 但手术前后所有频率的 BC 阈值差异均无统计学意义。

依据 de Bruijn 等^[6]的方法绘制图 1 以展示激光镫骨底板开窗术对 21 耳 BC 听力的影响。两条斜线之间的圆点表示手术前后 BC 阈值变化 ≤ 10 dB HL 的术耳, 包括 16 耳 (76.2%)。实线下方区域表示术后 BC 改善 > 10 dB HL, 即术后 ABG 闭合过度有 3 耳 (14.3%)。其中, 大圆形和菱形符号代表行镫骨底板开窗+人工镫骨植入术的 2 耳, 其术后 BC 阈值降低 ≥ 15 dB HL。图 1 中虚线上方区域共有 2 耳 (9.5%), 代表术后 BC 阈值增加 > 10 dB HL 的耳。其中, 三角形 1 耳示术后 BC 阈值提高 18.75 dB HL, 该例患者术前 HRCT 提示耳硬化症病灶广泛累及窗前裂、镫骨底板、耳蜗和圆窗, 耳镜检查 Schwartze 征阳性, 术中鼓岬黏膜血管高度扩张充血, 提示此患者为混合型耳硬化症 (病变累及前庭窗和耳蜗), 并且病变可能处于活动期, 术中断前足弓时发生镫骨底板浮动, 用颞肌筋膜帐篷样包绕人工镫骨并覆盖卵圆窗, 然后用纤维蛋白胶进行固定; 最顶部方形表示 1 耳术后 BC

阈值升高 41.25 dB HL, 术后 AC 阈值也近乎对应性损失 47.5 dB HL, 该患者术前 CT 仅表现为窗前裂处小的低密度灶。

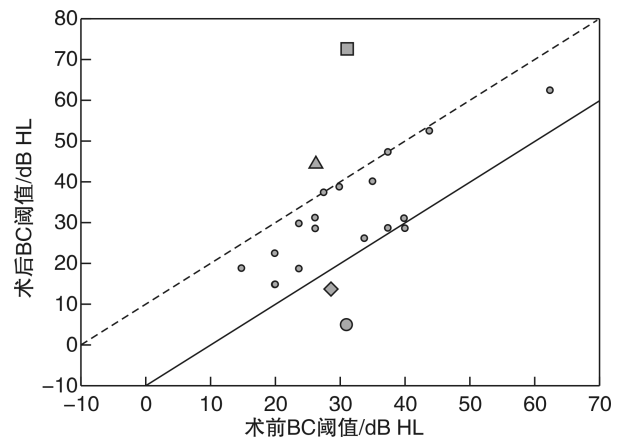


图 1 激光镫骨底板开窗术对 21 耳 BC 阈值的影响

2.1.3 ABG 21 耳手术前后 ABG 平均值分别为 (27.0±9.1) dB HL 和 (9.6±9.9) dB HL, 术后 ABG 平均缩小 17.4 dB HL, 差异有统计学意义 (P<0.001)。手术疗效极好有 14 耳 (66.7%), 其中 3 耳 (14.3%) ABG 完全闭合; 较好 4 耳 (19.0%); 一般 2 耳 (9.5%); 失败 1 耳 (4.8%)。术后 ABG 值 ≤ 20 dB HL 共有 18 耳 (85.7%)。

21 耳中, 19 耳 (90.5%) 术后 ABG 缩小, 其中 16 耳 (76.2%) ABG 缩小值 > 10 dB HL, 3 耳 (14.3%) 缩小值接近 10 dB HL; 2 耳 (9.5%) 无改善。术后 0.5、1、2、4 kHz 处 ABG 较术前均有显著改善, 较之 1、2、4 kHz, 0.5 kHz 术前和术后 ABG 值最高 (表 4)。术后 ABG ≤ 10 dB HL 以 2 kHz 耳数最多 (19 耳, 成功率 90.5%), 0.5、1、4 kHz 成功率分别为 57.1%、66.7% 和 61.9%。

表 4 手术前后不同频率 ABG 值及缩小值

频率/kHz	术前	术后	缩小值	P
0.5	39.3	13.1	26.2	<0.0001
1	30.2	11.2	19.0	0.0002
2	14.3	3.6	10.7	0.0003
4	24.3	10.7	13.6	0.0006

2.2 手术并发症

术中 1 耳 (4.8%) 发生镫骨底板浮动, 使用生物胶进行固定。手术后 2 耳 (9.5%) 出现 SNHL, 未发生全聋; 15 耳 (71.4%) 耳鸣加重, 于术后第 3 天缓解; 2 耳 (9.5%) 术后 1 周出院时耳鸣持续, 3 个月随访时耳鸣消失; 1 耳 (4.8%) 发生味觉异常; 3 耳 (14.3%) 伴有眩晕于术后第 3 天缓解; 1 耳

(4.8%)术后第 3 天出现口周和踝部疱疹,经积极治疗后痊愈。

3 讨论

自 20 世纪镫骨手术开展以来,耳硬化症患者术后听力获得提高已有研究报道,但其安全性及有效性仍然存在争议。镫骨切除术和镫骨开窗术是两种主要的手术方式,两种手术术后 ABG 缩小值无显著差异^[3],有文献报道镫骨开窗术更有优势^[7]。本研究评估激光辅助镫骨开窗术的疗效,结果表明该术式疗效满意,66.7%的患者术后 ABG \leq 10 dB HL,85.7%的患者术后 ABG \leq 20 dB HL。该数据与 Vincent 等^[8]的报道相似,后者分别为 63.4%和 74.6%。

本研究表明,耳硬化症患者术后无论是总体 AC 阈值,还是各频率段平均 AC 阈值均显著降低,与前期结果一致^[9]。4 例患者术后 AC 阈值提高,术中均有镫骨底板明显增厚,结合 CT 提示前庭窗型耳硬化症 2 例,混合型耳硬化症(病变累及前庭窗和耳蜗)2 例。4 例患者中,2 例术后 BC 阈值升高 $>$ 10 dB HL,包括 1 例混合型(图 1 三角形)和 1 例前庭窗型耳硬化症患者(图 1 顶部方形)。术后 2 例前庭窗型患者 ABG 缩小到 10 dB HL 以内,而另 2 例混合型术后 ABG 值仍 $>$ 20 dB HL。图 1 中三角形患者二期行修正手术发现,植入的人工镫骨 piston 与周围组织粘连,手术去除粘连后听力明显改善;余 3 例患者术后 AC 听力下降的原因尚不明。

本研究还发现,与 1、2、4 kHz 相比,0.5 kHz 术前 AC 阈值更高,且 0.5 kHz 术前和术后平均 ABG 值比 1、2、4 kHz 的更大,这与 Silverstein 等^[10]的研究结果一致。0.5 kHz 术后 AC 阈值较 4 kHz 处低,虽与 Silverstein 的报道不同,但与 Redfors 等^[11]的结果相同。这种差异的产生可能与我们在统计手术前后 AC、BC 和 ABG 的平均值时,包括了术后合并 SNHL 的患者有关。由于本研究样本量较少,我们认为有必要将之纳入在内。

研究表明,耳硬化症患者术后 BC 听力可提高,并且卡哈切迹消失^[12]。卡哈效应^[13]首先由 Carhart 描述,其产生与镫骨底板固定有关。BC 主要由声波通过颅骨传导到内耳淋巴液引起耳蜗基膜振动而产生。此外,由于耳蜗和听骨链的惰性差异,骨导还依赖于镫骨底板在卵圆窗的位移运动。因此,耳硬化症患者手术后镫骨底板恢复活动,可获得更好的 BC 听力。既往有学者对比镫骨部分切除术和镫骨底板开窗术后的 BC 听力,未发现显著差异^[3]。Persson 等^[14]报道,与底板开窗术相比,镫骨切除术后除 4 kHz 以外频率 BC 听力得到改善。Quaranta 等^[15]研究表明,镫骨部分切除术后 BC 听力提高,而镫骨开窗术除 2 kHz 和 3 kHz

的 BC 听力分别提高 4.4 dB HL 和 0.3 dB HL 外,其他频率均出现听力下降。本文结果显示,除了 2 kHz 外,其余频率术后 BC 听力均有下降,与 Quaranta 的研究结果一致,提示镫骨底板开窗术对耳硬化症患者 BC 听力改善不十分明显。

我们发现术后 ABG 闭合最佳频率是 2 kHz (成功率 90.5%),其他频率段闭合较差,与多个研究结果相同^[12,16]。ABG 在 4 kHz 闭合成功率为 61.9%,与 Persson 等^[14]报道的 67%相仿。后者使用微钻代替激光钻孔,前庭窗开窗大小(0.5 mm)和 piston 直径(0.4 mm)与本研究一致。有证据表明在一定范围内,术中镫骨底板开窗越大,所选用 piston 直径越大,术后听力改善越好^[5]。本研究中 3 例患者术后不明原因的 AC 阈值增高或许与此有关,如果增加开窗孔径并选用直径更大的人工镫骨植入,术后效果可能更好。此 3 例患者理应行中耳探查加修正手术,但术后 3 个月评估后均失访,由于中耳病变资料缺失,听小骨移位或半脱位也是潜在的原因。本研究 0.5 kHz 手术前后 ABG 值均较大,与 Perez 等^[12]的报道相符。后者发现低频术前 ABG 大则术后 ABG 闭合差,可能与前庭窗以外的中耳病变因素有关^[12]。

SNHL 是镫骨手术的严重并发症之一,发生率通常 $<$ 1%^[4],由于其不可逆性引发医患双方高度重视。本研究有 2 例(9.5%)患者的 BC 阈值提高 $>$ 10 dB HL,包括 1 例可能处于活动期的混合型耳硬化症患者,提示此类患者手术适应证的选择需谨慎。本研究术后发生 SNHL 比例偏高与样本量小有关。发生 SNHL 的原因可能有:①CO₂ 激光的热效应。由于内耳毛细胞与前庭毗邻,底板周围温度升高超过 4℃将损伤内耳毛细胞,但是该 2 例患者无眩晕等前庭症状。②有报道激光在前庭内形成水泡,使内耳淋巴的气压波发生聚爆,对内耳造成潜在性损伤^[17]。③如前所述,此 2 例患者合并镫骨底板增厚,手术操作过程中可能因为热效应损伤迷路。④CT 漏诊耳囊周围活动性病灶也是术后并发 SNHL 的可能原因。本研究术后眩晕发生率为 14.3%,低于文献报道的 27%^[18]。术中确保卵圆窗的紧密封闭是预防该并发症的关键。

本回顾性研究有一定的局限性:①随访时间较短。本院是一所三级转诊医院,辐射区域较广,许多患者由于交通不便等原因未能如期复诊。②部分患者满意治疗效果会主动放弃随访,因此不能排除选择偏倚。③对于外科医生而言,术后听力改善且并发症少,认为手术成功。但从患者的角度出发,成功的手术是在无手术并发症且不伴耳鸣、头晕和听觉失真的前提下,获得良好的多方位声音感知能力。本研究根据手术前后纯音阈值来评估手术疗效,相对片面。④由于激光镫骨开窗术是本院

首选治疗方案,因此无法与镫骨切除术进行比较。总之,后期研究仍需要进一步增大样本量并作长期随访,以便更好地反映亚洲人耳硬化症的特征。

总之,对训练有素的耳外科医生来讲,激光辅助下镫骨底板开窗术仍然是一种安全、效果优良的手术方式,该术式听力改善佳,手术并发症少。虽然术后 BC 阈值稍有提高,但通常不影响总体听觉康复效果,提示术中应尽可能做到预防医源性迷路损伤。

参考文献

- [1] Altamami NM, Huyghues des Etages G, Fieux M, et al. Is one of these two techniques: CO2 laser versus microdrill assisted stapedotomy results in better post-operative hearing outcome? [J]. *Eur Arch Otorhinolaryngol*, 2019, 276(7): 1907-1913.
- [2] 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, Inc [J]. *Otolaryngol Head Neck Surg*, 1995, 113(3): 186-187.
- [3] Khorsandi AMT, Jalali MM, Shoshi DV. Predictive factors in 995 stapes surgeries for primary otosclerosis [J]. *Laryngoscope*, 2018, 128(10): 2403-2407.
- [4] Babighian GG, Albu S. Failures in stapedotomy for otosclerosis [J]. *Otolaryngol Head Neck Surg*, 2009, 141(3): 395-400.
- [5] Faranesh N, Magamsseh E, Zaaroura S, et al. Hearing and Otoacoustic Emissions Outcome of Stapedotomy: Does the Prosthesis Diameter Matter? [J]. *J Int Adv Otol*, 2017, 13(2): 162-170.
- [6] de Bruijn AJ, Tange RA, Dreschler WA. Efficacy of evaluation of audiometric results after stapes surgery in otosclerosis. II. A method for reporting results from individual cases [J]. *Otolaryngol Head Neck Surg*, 2001, 124(1): 84-89.
- [7] 郝欣平, 陈树斌, 于子龙, 等. 200 例耳硬化症手术患者临床特征分析 [J]. *临床耳鼻咽喉头颈外科杂志*, 2017, 31(20): 1545-1553.
- [8] Vincent R, Rovers M, Zingade N, et al. Revision stapedotomy: operative findings and hearing results. A prospective study of 652 cases from the Otolaryngology Database [J]. *Otol Neurotol*, 2010, 31(6): 875-882.
- [9] Hanna KK, Abdulkhaliq E, Lana ARD. The outcome of stapedotomy in adult patients with clinical otosclerosis in Erbil [J]. *Zanco J Med Sci*, 2019, 23(1): 1-10.
- [10] Silverstein H, Hoffmann KK, Thompson JH Jr, et al. Hearing outcome of laser stapedotomy minus prosthesis (STAMP) versus conventional laser stapedotomy [J]. *Otol Neurotol*, 2004, 25(2): 106-111.
- [11] Redfors YD, Möller C. Otosclerosis: thirty-year follow-up after surgery [J]. *Ann Otol Rhinol Laryngol*, 2011, 120(9): 608-614.
- [12] Perez R, de Almeida J, Nedzelski JM, et al. Variations in the "Carhart notch" and overclosure after laser-assisted stapedotomy in otosclerosis [J]. *Otol Neurotol*, 2009, 30(8): 1033-1036.
- [13] Wiatr A, Składzień J, Strek P, et al. Carhart Notch-A Prognostic Factor in Surgery for Otosclerosis [J]. *Ear Nose Throat J*, 2019. [Online ahead of print]
- [14] Persson P, Harder H, Magnuson B. Hearing results in otosclerosis surgery after partial stapedectomy, total stapedectomy and stapedotomy [J]. *Acta Otolaryngol*, 1997, 117(1): 94-99.
- [15] Quaranta N, Besozzi G, Fallacara RA, et al. Air and bone conduction change after stapedotomy and partial stapedectomy for otosclerosis [J]. *Otolaryngol Head Neck Surg*, 2005, 133(1): 116-120.
- [16] Kishimoto M, Ueda H, Uchida Y, et al. Factors affecting postoperative outcome in otosclerosis patients: Predictive role of audiological and clinical features [J]. *Auris Nasus Larynx*, 2015, 42(5): 369-373.
- [17] Kamalski DM, Verdaasdonk RM, de Boorder T, et al. Comparing mechanical effects and sound production of KTP, thulium, and CO2 laser in stapedotomy [J]. *Otol Neurotol*, 2014, 35(7): 1156-1162.
- [18] Shiao AS, Kuo CL, Wang MC, et al. Minimally traumatic stapes surgery for otosclerosis: Risk reduction of post-operative vertigo [J]. *J Chin Med Assoc*, 2018, 81(6): 559-564.

(收稿日期: 2020-05-19)