

侧颅底肿瘤外科与听觉功能保护

伊海金¹, 韩东一², 杨仕明²

¹ 清华大学临床医学院 清华大学附属北京清华长庚医院耳鼻咽喉头颈外科, 北京 102218

² 中国人民解放军总医院耳鼻咽喉头颈外科, 北京 100853

通信作者: 杨仕明 电话: 010-68211696, E-mail: yangsm301@263.net

【摘要】侧颅底区域上承颅脑, 下接颈部, 其间穿行重要的血管、神经、位听器官, 解剖结构复杂。切除病变同时保留重要组织器官功能是侧颅底外科的基本原则, 在神经医学、介入医学、面神经外科发展的基础上, 颅底重要神经、血管的保护已经取得显著进步, 致命并发症及其他神经功能缺失发生率已显著降低, 而听觉功能保护目前尚不理想, 如何进一步保护听觉功能逐渐成为研究热点。选择正确治疗方式、恰当的手术入路、内镜技术的应用、术中听觉电生理监测以及术中听觉功能重建等对于听觉功能保护非常重要。

【关键词】侧颅底; 外科; 听觉保护

【中图分类号】 R762 **【文献标志码】** A **【文章编号】** 1674-9081(2017)06-0346-06

DOI: 10.3969/j.issn.1674-9081.2017.06.006

Lateral Skull Base Surgery and Hearing Preservation

YI Hai-jin¹, HAN Dong-yi², YANG Shi-ming²

¹Department of Otolaryngology, Head & Neck Surgery, Beijing Tsinghua Changgung Hospital, School of Clinical Medicine, Tsinghua University, Beijing 102218, China

²Department of Otolaryngology, Head & Neck Surgery, Chinese PLA General Hospital, Beijing 100853, China

Corresponding author: YANG Shi-ming Tel: 010-68211696, E-mail: yangsm301@263.net

【Abstract】 The anatomy of the lateral skull base is very complicated, which supports the brain upwards and connects the neck downwards with a large number of crucial structures passing through, including important blood vessels, nerves, and vestibular and auditory apparatuses. The basic principle of lateral skull base surgery is resecting the lesion and meanwhile preserving the function of important tissue and organs. With the development of interventional medicine, neuromedicine and facial nerve surgery, protection of important nerves and blood vessels of the skull base has made significant progress, and fatal complications and neurological defects have been greatly reduced. However, the protection of auditory function is not ideal, which has gradually become a research hotspot. The selection of appropriate treatment and surgical approach, the usage of endoscopic techniques, intraoperative auditory electrophysiology monitoring, and intraoperative reconstruction of the auditory function are all very critical for hearing protection.

【Key words】 lateral skull base; surgery; hearing protection

Med J PUMCH, 2017, 8(6):346-351

侧颅底是指岩枕裂与眶下裂延长线之间的解剖区域,该延长线向内相交于鼻咽部,向外分别指向乳突尖及颞骨。侧颅底区域上承颅脑,下接颈部,其间穿行重要的血管、神经、位听器官,解剖结构复杂。近20年来,在国内外颅底外科先驱者的努力实践下,侧颅底疾病外科治疗逐步发展^[1]。侧颅底肿瘤主要包括听神经瘤、岩尖及斜坡的囊肿或胆脂瘤、颈静脉体瘤及少数恶性肿瘤等,切除病变同时保留重要组织器官功能是侧颅底外科的基本原则。在神经医学、介入医学、面神经外科发展的基础上,颅底重要神经、血管的保护已取得显著进步,致命并发症及其他神经功能缺失发生率亦大幅降低,而听觉功能保护目前尚不理想^[2]。Rampp等^[3]曾指出,即使轻微听力损失也会引起言语分辨率下降,影响社交活动。对于术前听力接近正常的听神经瘤患者,术后并发听力损害对患者造成的影响不亚于中重度面瘫^[4-5],对患者生活质量会造成极大困扰^[6]。

目前在侧颅底肿瘤外科领域,如何进一步保护听觉功能逐渐成为研究热点。正确的治疗方式、恰当的手术入路、内镜技术的应用、术中听觉电生理监测以及听觉功能重建等对于听觉功能保护非常重要。

治疗方式选择与听觉功能保护

对于侧颅底肿瘤而言,选择合适的治疗策略对于听觉功能保护至关重要,不同类型病变其听力保护特点不尽相同。听神经瘤(acoustic neuroma, AN)诊疗策略包括观察等待、放疗、显微外科手术3种方法,每一种治疗方法的听觉功能保护各有其特点,其他侧颅底肿瘤如颞骨岩部胆脂瘤、胆固醇肉芽肿听觉功能保护特点也各具特色。

听神经瘤

观察等待:对于AN而言,观察等待多适用于肿瘤体积较小且症状轻微或高龄、合并症较多患者,在观察期间,听力仍会出现下降。Smouha等^[7]曾报道一组适用于观察治疗的AN患者,肿瘤平均体积为11.8 mm,57%(709/1244)的患者显示无肿瘤生长,51%(635/1244)的患者显示听力下降,20%(249/1244)的患者需要进一步接受其他治疗。Whitmore等^[8]总结1990至2008年2500篇摘要及113篇关于AN的英文文章,对观察等待、放疗、显微外科手术3种方法的听觉功能保护进行比较,以随访5年为时间节点,观察等待组53%的患者出现听力下降,24%的患者需接受进一

步治疗;接受治疗的患者中,83%选择手术,结果显示选择放疗的生活质量优于其他2种方法。

立体定向放疗:Pollock等^[9]发表的关于AN放疗的文章影响力最为广泛,其认为对于<3 cm的AN,手术与放疗在肿瘤控制率方面无差异,放疗可保持正常面神经功能及实用听力,放疗后14%的AN患者肿瘤显著生长,其中仅20%会产生新发症状,14%的患者需接受进一步治疗。Whitmore等^[8]报道,放疗后实用听力保留率为72%,高于以往报道,其原因可能与采取低治疗剂量有关。Elliott等^[10]认为放疗与观察等待在听力保护方面无显著性差异,较好的现存听力提示患者良好的听觉功能预后。Liu等^[11]认为,对于小至中等的AN,放疗是最佳选择。但也应该看到,一旦放疗失败进行挽救性手术,对于听力保护极其不利。Husseini等^[12]对2500例手术病例中19例放疗后再手术患者进行分析,发现86.6%的患者肿瘤全切,93.3%的患者术中切除肿瘤困难,面神经解剖保留率为93.3%,面神经功能保留率为73.3%,听力几乎均丧失。因此,对于年轻或双侧听神经纤维瘤病2型(neurofibromatosis type 2, NF2)患者,需充分认识到放疗的潜在并发症及失败风险。

显微外科手术:外科手术一直被认为是治疗NA的金标准,死亡率已低至1%,面神经保护率超过90%,并发症仍然较高^[13]。Betchen等^[13]进行的研究表明,在有经验的外科医生及电生理监测条件下,20%的患者术后可保留实用听力,51%的患者出现耳鸣,31%的患者出现头晕。Zhang等^[14]分析1990至1996年、1997至2001年、2002至2006年3个时期耳神经外科1006例NA手术患者资料,3个时期平均肿瘤全切率为99.4%;死亡率为0.3%;术后脑膜炎、脑脊液漏发生率分别为1.2%和9.0%;面神经解剖保留率为97.7%;术后1年面神经功能良好率[面神经瘫痪House-Brackmann(H-B)分级I~II级]为85.1%,其中第一、三时期分别为78.4%和87.6%;听力保留率[按美国耳鼻喉头颈外科学会(American Academy of Otolaryngology-Head and Neck Surgery, AAO-HNS)分级A~B级]为33.5%,其中第一、三时期分别为21.8%和42%,可见随着耳神经外科技术进步,面听神经功能保护率逐渐提高。Raut等^[15]认为肿瘤大小与听力保护有关,<2 cm的肿瘤,听力保护几率为52%,<1 cm的肿瘤为83%。尽管AN放疗已取得明显进步,但对于较大肿瘤或脑积水者,手术仍是最佳选择^[16],此时较少考虑听力保护情况。

Arthurs 等^[17]分析 2004 至 2009 年发表的 NA 不同治疗方法比较的临床文章, 观察等待组 29%~54% 的患者出现肿瘤增大, 16%~26% 的患者需接受进一步治疗, 54%~63% 的患者保留实用听力; 放疗组 2%~4% 的患者需接受进一步治疗, 44%~66% 的患者保留实用听力, 若采取了先进的分割放疗, 3%~7% 的患者需接受进一步治疗, 保留实用听力比例可达 59%~94%; 显微外科手术可基本彻底切除肿瘤, 仅 2% 的患者需接受进一步治疗, 但相比其他治疗方法, 其并发症较多, 听力保护较差。

由于评价标准及选择偏倚, 目前的临床数据意义具有一定局限性。总体而言, 观察与放疗效果大致相同, 手术较为彻底, 但听力保护率较低。因此, 对于 NA 患者, 需依据个体化原则, 根据患者不同实际情况, 选择合适的治疗方法。

颞骨岩部胆脂瘤与面神经肿瘤

对颞骨岩部胆脂瘤而言, 听力下降非常普遍^[18-19], 术中多认为需去除受累耳囊以完整切除病变, 对于唯一听力耳, 听力保护策略也可为保守的随访观察或对侧耳耳蜗植入^[18-20]。

对面神经肿瘤而言, 因其生长缓慢, 每年仅生长约 0.85~1.4 mm, 多建议保守治疗, 判断进一步治疗的依据多为面神经功能 H-B Ⅲ级以上^[21-23]。放疗用于治疗面神经肿瘤日渐增多, 其肿瘤控制率在 83.3%~100%, 多数患者治疗后面神经功能保持不变, 也有部分研究报道患者放疗后面神经功能出现恶化, 对于听觉功能变化研究资料不多^[22-25]。

手术入路与听觉功能保护

对于侧颅底肿瘤, 同一种病变采取不同手术入路, 其听力保护的结果不尽相同, 针对不同肿瘤特点采取恰当的手术入路, 有利于术后听力保护。

听神经瘤颅中窝入路

Irving 等^[26]报道 100 例 AN 手术患者, 其中 50 例采取颅中窝入路, 50 例采取乙状窦后入路, 颅中窝入路术后 52% 的患者听力达到 AAO-HNS 分级 B 级或以上, 而此分级在乙状窦后入路术后患者中仅为 14%。Staecker 等^[27]也得出类似结论, 两种入路术后听力保留率分别为 57% 和 47%。Wilkinson 等^[28]得出此两种手术入路术后听力及言语分辨率分别为 55.5 和 38.9 dB ($P < 0.05$) 及 45.6% 和 31.7% ($P < 0.05$) 的结果, 认为在除外肿瘤大小这一因素后, 颅中窝入路听力保护较

乙状窦后入路好。研究者分析其中原因认为, 颅中窝入路可增加肿瘤显露, 尤其适用于前庭下神经来源肿瘤^[28]。解剖学研究也证实, 乙状窦后入路由于后半规管限制, 较难显露内听道底部。另外, 若肿瘤侵犯内听道底部, 则此二种手术入路听力保护均很差。

颞骨岩部胆脂瘤

对于颞骨岩部胆脂瘤侵犯内耳, 较为一致的观点为牺牲听力, 完全切除病变^[19], 手术方式多采取经耳囊入路、经迷路入路和颞骨岩部次全切^[19], 此类术式术野开阔, 有利于肿瘤全部切除。对于有实用听力、内耳未受侵犯者, 可选择经乳突或颅中窝入路, 以尽可能保留听力^[18]。另外尚有学者尝试切除部分迷路以保存听力, 部分患者取得了一定效果^[19,29], 其长期结局有待随访。Song 等^[30]报道 13 例颞骨岩部胆脂瘤患者, 10 例采取经迷路切除, 3 例范围病变局限者采取颅中窝及经乳突入路, 术后保留骨导听力。

胆固醇肉芽肿

对于胆固醇肉芽肿患者, 治疗方法包括观察、外科手术切除及病变引流^[31]。Rihani 等^[32]采取经迷路周围引流岩尖胆固醇肉芽肿病变, 4 例患者术后言语分辨率提高, 其中一例从 0 提高至 67%, 4 例耳聋加重, 包括 2 例全聋。故对于此类患者, 即使病变侵犯内耳, 若采取恰当手术入路, 部分患者仍可保留听力。

岩斜区病变与耳蜗线

岩斜区脑膜瘤位置较深, 毗邻脑干, 与颅神经、血管关系密切, 传统手术入路切除较为困难。Rodgers 等^[33]通过切除部分迷路组织, 直接显露肿瘤, 兼顾肿瘤切除与保留听力, 创伤较小, 其保留听力机制与术中妥善封闭切除的部分迷路组织, 使其与耳蜗隔绝有关。

Kawase 入路即颞下-经岩前入路, 常用于岩斜区病变, 包括脑膜瘤、哑铃型三叉神经肿瘤、基底动脉瘤等, 术中伤及耳蜗导致耳聋的比例为 12%, 成为限制该术式发展的瓶颈之一^[34-35]。Kim 等^[36]和 Guo 等^[37]通过解剖学研究指出, 自岩浅大神经与颈内动脉交汇点至内听道硬膜长轴引出的垂直线, 可作为耳蜗前内侧界, 术中以此耳蜗线 (cochlear line) 为标志, 可避免损伤耳蜗, 从而保留听力。

内镜技术与听觉功能保护

传统侧颅底手术多借助显微镜完成, 其核心理念

为通过大量切除颅底骨质显露病变,减少或避免对颅脑组织以及重要血管神经的损伤。耳内镜技术用于侧颅底肿瘤切除,可充分利用其微创、广角、直视下操作等优势,既可减少颅底骨质磨除、避免牵拉颅脑组织,又便于观察肿瘤与相邻神经、血管的关系,有助于听觉功能保护,从而推动侧颅底外科发展至崭新阶段。杨仕明等^[38]报道,显微镜下NA手术患者术后听力保留率为61.1%,在耳内镜辅助下手术,听力保存率可达80.0%。Presutti等^[39]采用显微镜联合内镜技术对岩尖病变,包括6例胆脂瘤、2例胆固醇肉芽肿、1例软骨肉瘤进行切除,取得良好效果,认为双镜联合手术较单纯显微镜下操作更加微创,手术效果更为确切。Shahinian等^[40]对527例单侧NA患者采用乙状窦后单纯内镜下切除手术,肿瘤大小为0.3~5.8 cm,术后57%的患者保留实用听力或一定程度听力,认为内镜下NA手术不仅有利于发现内听道残留肿瘤从而达到肿瘤全部切除,且有助于保护重要神经组织,从而保护听力。Kempfle等^[41]通过解剖学研究发现,借助导航系统在内镜下经耳道耳蜗后入路,可避开重要血管神经,保留耳蜗显露内听道,较传统乙状窦后、颅中窝、经迷路等入路更为微创,有利于听觉功能保护。

电生理术中监测与听觉功能保护

术中听神经电生理监测技术,可及时判断蜗神经损伤,有助于听觉功能保护。主要包括听性脑干反应(auditory response, ABR)、多频稳态耳蜗电图、耳蜗神经直接动作电位、畸变产物耳声发射等。

ABR目前应用最为广泛,其不足之处在于ABR波形的引出需要一定时间,因此无法监测到波形出现前的神经损伤,手术室电干扰等环境影响可能进一步延长处理时间。此外,ABR不具备频率特异性,因此该监测方法无法预测术后言语分辨率。Rampp等^[3]指出,即使术中ABR监测良好,术后听觉功能损伤仍可能加重。多频稳态具备频率特异性,可在全麻状态下进行监测,且可预测术后言语分辨率以及术后生活质量,弥补ABR监测不足^[3]。耳蜗电图能有效监测内耳功能,听觉损伤反馈较快,但仅能反映耳蜗和远端神经功能,对颅内段神经损伤不敏感。耳蜗神经直接动作电位信噪比大、波幅大、损伤反馈迅速,能实时监测听神经信息,但电极不易固定,可能影响手术视野和操作。Battista等^[42]在比较了ABR、耳蜗电图、

耳蜗神经直接动作电位3种方法后,认为耳蜗神经直接动作电位对术后听力保留具有优势。畸变产物耳声发射无创、敏感、准确,具有频率选择性,主要反映外毛细胞情况,不能反映蜗后病变引起的听力损失。

对于听神经电生理监测技术的作用,部分学者持不同观点。Piccirillo等^[43]对99例术前听力良好的小NA患者(AAO-HNS分级A~B级,肿瘤<1.5 cm)进行保护听力的肿瘤切除,分为听力监测组及未监测组,结果显示无论颅中窝还是乙状窦后入路,听力监测并未提高NA术后听力保护比例。

总体而言,术中听觉电生理的开展有助于对侧颅底肿瘤切除术中听力保护,需要根据病变的性质、范围、部位并综合考虑患者全身状况,选择合适的电生理监测方法,在切除病变的基础上,保护患者听觉功能。

侧颅底肿瘤切除与听觉功能重建

耳蜗植入

对于术前听力差的侧颅底肿瘤患者,如预计无法保留听力或采取经迷路人路切除肿瘤,术中若能保留耳蜗神经完整,可同期或二期耳蜗植入进行听力重建,此项技术对于唯一听力耳意义重大。Lloyd等^[44]为4例经迷路人路切除II型神经纤维瘤病同期植入耳蜗,2例乙状窦后入路切除NF2,术中保留听力失败,二期植入耳蜗,其中5例患者术后听觉功能良好,1例效果欠佳者随后进行听性脑干植入(auditory brainstem implants, ABI)。随访5~93个月,平均38个月,发现AN切除后保留耳蜗神经解剖完整,可植入耳蜗重获听力,并可在较长时期维持稳定;经迷路人路较乙状窦后入路效果更好,其原因可能是前者可显露蜗神经全长,更利于蜗神经保护。North等^[45]也报道了类似结果,并认为一期植入ABI仅可提供有限的言语分辨率且须借助唇读^[46],耳蜗植入效果更为优越。

听性脑干植入

ABI为蜗后聋提供了良好的听觉功能康复机会,对于侧颅底肿瘤切除未能有效保护耳蜗神经的患者,是最佳选择。第1例单通道ABI于1979年在house耳研所成功实施^[47],第1例多通道ABI于1991年问世并于1993年得到进一步完善^[48-49]。若术中耳蜗神经得以保留,按Sanna等^[50]的观点,植入耳蜗效果较ABI更好。

小 结

侧颅底外科发展日新月异, 切除病变并保留重要组织器官功能是侧颅底外科遵循的基本原则, 目前出现致命并发症及面神经等颅神经功能缺失情况已显著降低, 听觉功能保护逐渐成为研究热点。选择正确治疗方式、恰当的手术入路、内镜技术的应用、术中听觉电生理监测及听觉功能重建等对于侧颅底外科领域听觉功能保护至关重要。临床实践中尚需依据个体化原则, 选择合适的治疗方法。

参 考 文 献

- [1] Manolidis S, Jackson CG, Von Doersten PG. Lateral skull base surgery: the otology group experience [J]. *Skull Base Surg*, 1997, 7: 129-137.
- [2] Wang AC, Chinn SB, Than KD, et al. Durability of hearing preservation after microsurgical treatment of vestibular schwannoma using the middle cranial fossa approach [J]. *J Neurosurg*, 2013, 119: 131-138.
- [3] Rampf S, Rensch L, Simmermacher S, et al. Intraoperative auditory steady-state monitoring during surgery in the cerebellopontine angle for estimation of postoperative hearing classes [J]. *J Neurosurg*, 2016, 14: 1-10.
- [4] Scheich M, Ginzkey C, Reuter E, et al. Quality of life after microsurgery for vestibular schwannoma via the middle cranial fossa approach [J]. *Eur Arch Otorhinolaryngol*, 2014, 271: 1909-1916.
- [5] Rameh C, Magnan J. Quality of life of patients following stages III-IV vestibular schwannoma surgery using the retrosigmoid and translabyrinthine approaches [J]. *Auris Nasus Larynx*, 2010, 37: 546-552.
- [6] Inoue Y, Ogawa K, Kanzaki J. Quality of life of vestibular schwannoma patients after surgery [J]. *Acta Otolaryngol*, 2001, 121: 59-61.
- [7] Smouha EE, Yoo M, Mohr K, et al. Conservative management of acoustic neuroma: a meta-analysis and proposed treatment algorithm [J]. *Laryngoscope*, 2005, 115: 450-454.
- [8] Whitmore RG, Urban C, Church E, et al. Decision analysis of treatment options for vestibular schwannoma [J]. *J Neurosurg*, 2011, 114: 400-413.
- [9] Pollock BE, Driscoll CL, Foote RL, et al. Patient outcomes after vestibular schwannoma management: a prospective comparison of microsurgical resection and stereotactic radiosurgery [J]. *Neurosurgery*, 2006, 59: 77-85.
- [10] Elliott A, Hebb AL, Walling S, et al. Hearing preservation in vestibular schwannoma management [J]. *Am J Otolaryngol*, 2015, 36: 526-534.
- [11] Liu W, Ni M, Jia W, et al. How to address small and medium-sized acoustic neuromas with hearing: a systematic review and decision analysis [J]. *World Neurosurg*, 2015, 84: 283-291.
- [12] Hussein ST, Piccirillo E, Taibah A, et al. Salvage surgery of vestibular schwannoma after failed radiotherapy: the Gruppo Otologico experience and review of the literature [J]. *Am J Otolaryngol*, 2013, 34: 107-114.
- [13] Betchen SA, Walsh J, Post KD. Long-term hearing preservation after surgery for vestibular schwannoma [J]. *J Neurosurg*, 2005, 102: 6-9.
- [14] Zhang Z, Nguyen Y, De Seta D, et al. Surgical treatment of sporadic vestibular schwannoma in a series of 1006 patients [J]. *Acta Otorhinolaryngol Ital*, 2016, 36: 408-414.
- [15] Raut VV, Walsh RM, Bath AP, et al. Conservative management of vestibular schwannomas-second review of a prospective longitudinal study [J]. *Clin Otolaryngol Allied Sci*, 2004, 29: 505-514.
- [16] Theodosopoulos PV, Pensak ML. Contemporary management of acoustic neuromas [J]. *Laryngoscope*, 2011, 121: 1133-1137.
- [17] Arthurs BJ, Fairbanks RK, Demakas JJ, et al. A review of treatment modalities for vestibular schwannoma [J]. *Neurosurg Rev*, 2011, 34: 265-277.
- [18] Omran A, De Denato G, Piccirillo E, et al. Petrous bone cholesteatoma: management and outcomes [J]. *Laryngoscope*, 2006, 116: 619-626.
- [19] Moffat D, Jones S, Smith W. Petrous temporal bone cholesteatoma: a new classification and long-term surgical outcomes [J]. *Skull Base*, 2008, 18: 107-115.
- [20] Tutar H, Goksu N, Aydil U, et al. An analysis of petrous bone cholesteatomas treated with translabyrinthine transoticpetrosectomy [J]. *Acta Otolaryngol*, 2013, 133: 1053-1057.
- [21] Li Y, Liu H, Cheng Y. Subtotal resection of facial nerve schwannoma is not safe in the long run [J]. *Acta Otolaryngol*, 2014, 134: 433-436.
- [22] McRackan TR, Rivas AR, Wanna GB, et al. Facial nerve outcomes in facial nerve schwannomas [J]. *Otol Neurotol*, 2011, 33: 78-82.
- [23] Mowry S, Hansen M, Gantz B. Surgical management of internal auditory canal and cerebellopontine angle facial nerve schwannoma [J]. *Otol Neurotol*, 2012, 33: 1071-1076.
- [24] Kida Y, Yoshimoto M, Hasegawa T. Radiosurgery for facial schwannoma [J]. *J Neurosurg*, 2007, 106: 24-29.

- [25] Jacob JT, Driscoll CL, Link MJ. Facial nerve schwannomas of the cerebellopontine angle: the Mayo Clinic experience [J]. *J Neurol Surg B Skull Base*, 2012, 73: 230-235.
- [26] Irving RM, Jackler RK, Pitts LH. Hearing preservation in patients undergoing vestibular schwannoma surgery: comparison of middle fossa and retrosigmoid approaches [J]. *J Neurosurg*, 1998, 88: 840-845.
- [27] Staecker H, Nadol JB Jr, Ojeman R, et al. Hearing preservation in acoustic neuroma surgery: middle fossa versus retrosigmoid approach [J]. *Am J Otol*, 2000, 21: 399-404.
- [28] Wilkinson EP, Roberts DS, Cassis A, et al. Hearing Outcomes after Middle Fossa or Retrosigmoid Craniotomy for Vestibular Schwannoma Tumors [J]. *J Neurol Surg B Skull Base*, 2016, 77: 333-340.
- [29] Hong SJ, Lee JH, Jung SH, et al. Can cochlear function be preserved after a modified translabyrinthine approach to eradicate a huge cholesteatoma extending to the petrous apex? [J]. *Eur Arch Otorhinolaryngol*, 2009, 266: 1191-1197.
- [30] Song JJ, An YH, Ahn SH, et al. Surgical management options and postoperative functional outcomes of petrous apex cholesteatoma [J]. *Acta Otolaryngol*, 2011, 131: 1142-1149.
- [31] Brackmann DE, Toh EH. Surgical management of petrous apex cholesterol granulomas [J]. *Otol Neurotol*, 2002, 23: 529-533.
- [32] Rihani J, Kutz JW Jr, Isaacson B. Hearing Outcomes after Surgical Drainage of Petrous Apex Cholesterol Granuloma [J]. *J Neurol Surg B Skull Base*, 2015, 76: 171-175.
- [33] Rodgers SD, McMenomey SO, Sen C. Partial labyrinthectomy presigmoid transpetrosal resection of petroclival meningioma [J]. *Neurosurg Focus*, 2014, 36: 1.
- [34] Kawase T, Toya S, Shiobara R, et al. Transpetrosal approach for aneurysms of the lower basilar artery [J]. *J Neurosurg*, 1985, 63: 857-861.
- [35] Gross BA, Dunn IF, Du R, et al. Petrosal approaches to brainstem cavernous malformations [J]. *Neurosurg Focus*, 2012, 33: E10.
- [36] Kim SM, Lee HY, Kim HK, et al. Cochlear line: a novel landmark for hearing preservation using the anterior petrosal approach [J]. *J Neurosurg*, 2015, 123: 9-13.
- [37] Guo X, Tabani H, Griswold D, et al. Hearing Preservation During Anterior Petrosectomy: The "Cochlear Safety Line" [J]. *World Neurosurg*, 2017, 99: 618-622.
- [38] 杨仕明, 于丽玫, 于黎明, 等. 听神经瘤手术的听力保存技术 [J]. *中华耳鼻咽喉头颈外科杂志*, 2008, 43: 564-569.
- [39] Presutti L, Alicandri-Ciuffelli M, Rubini A, et al. Combined lateral microscopic/endoscopic approaches to petrous apex lesions: pilot clinical experiences [J]. *Ann Otol Rhinol Laryngol*, 2014, 123: 550-559.
- [40] Shahinian HK, Ra Y. 527 fully endoscopic resections of vestibular schwannomas [J]. *Minim Invasive Neurosurg*, 2011, 54: 61-67.
- [41] Kempfle J, Kozin ED, Remenschneider AK, et al. Endoscopic Transcanal Retrocochlear Approach to the Internal Auditory Canal with Cochlear Preservation: Pilot Cadaveric Study [J]. *Otolaryngol Head Neck Surg*, 2016, 154: 920-923.
- [42] Battista RA, Wiet RJ, Paauwe L. Evaluation of three intraoperative auditory monitoring techniques in acoustic neuromas surgery [J]. *Am J Otol*, 2000, 21: 244-248.
- [43] Piccirillo E, Hiraumi H, Hamada M, et al. Intraoperative cochlear nerve monitoring in vestibular schwannoma surgery—does it really affect hearing outcome? [J]. *Audiol Neurootol*, 2008, 13: 58-64.
- [44] Lloyd SK, Glynn FJ, Rutherford SA, et al. Ipsilateral cochlear implantation after cochlear nerve preserving vestibular schwannoma surgery in patients with neurofibromatosis type 2 [J]. *Otol Neurotol*, 2014, 35: 43-51.
- [45] North HJ, Mawman D, O'Driscoll M, et al. Outcomes of cochlear implantation in patients with neurofibromatosis type 2 [J]. *Cochlear Implants Int*, 2016, 17: 172-177.
- [46] Mathies C, Brill S, Kaga K, et al. Auditory brainstem implantation improves speech recognition in Neurofibromatosis type 2 patients [J]. *ORL*, 2013, 75: 282-295.
- [47] Edgerton BJ, House WF, Hitselberger W. Hearing by cochlear nucleus stimulation in humans [J]. *Ann Otol Rhinol Laryngol*, 1982, 91: 117-124.
- [48] Laszig R, Kuzma J, Seifert V, et al. The Hannover auditory brainstem implant: a multiple-electrode prosthesis [J]. *Eur Arch Otorhinolaryngol*, 1991, 248: 420-421.
- [49] Laszig R, Sollmann WP, Marangos N. The restoration of hearing in neurofibromatosis type 2 [J]. *J Laryngol*, 1995, 109: 385-389.
- [50] Sanna M, Di Lella F, Guida M, et al. Auditory brainstem implants in NF2 patients: results and review of the literature [J]. *Otol Neurotol*, 2012, 33: 154-164.

(收稿日期: 2017-08-17)