

DOI:10.11798/j.issn.1007-1520.201606001

· 专家论坛 ·

听神经瘤的治疗抉择

——实现肿瘤切除与神经功能保护的完美统一

袁贤瑞

(中南大学神经外科研究所 中南大学湘雅医院神经外科,湖南 长沙 410008)



专家简介 袁贤瑞,医学博士,一级主任医师,教授,博士生导师。2001~2012年任中南大学湘雅医院神经外科主任,现任湖南省颅底外科与神经肿瘤临床医疗技术研究中心主任,中南大学神经外科研究所所长,湖南省医学会神经外科专业委员会主任委员,中华医学会神经外科分会常委,中国医师协会医学伦理委员会副主任委员。任《国际神经病学与神经外科学杂志》主编、《中国耳鼻咽喉颅底外科杂志》副主编,《中华神经外科杂志》《中华显微外科杂志》等10余种杂志审稿专家或编委。自1987年起在中南大学湘雅医院率先将显微神经外科技术作为常规技术用于脑与脊髓肿瘤及各类脑血管病的手术治疗。至今主刀施行各类显微神经外科手术5000余例,主攻

颅底中央区脑膜瘤、听神经瘤、颅咽管瘤的显微外科治疗,并积累了大宗病例,取得了优秀的治疗结果。其系列研究曾获省/部级科技进步奖4项。

摘要: 听神经瘤治疗方法包括显微手术、放射治疗、保守观察。随着听神经瘤生长规律研究的进展与显微手术技术的不断进步,治疗方式的选择争议不断。回顾近年来听神经瘤治疗的文献并结合研究结果,以神经功能保留和患者远期生活质量作为评价和选择治疗方法的依据,认为出现症状的听神经瘤患者,应首选手术治疗;乙状窦后入路适应于大、中、小各型听神经瘤,肿瘤全切除率高,死亡率及并发症发生率低,能很好的保留面神经功能和听力,是治疗听神经瘤的较好选择。放射治疗是部分听神经瘤患者可选择的替代治疗方法。听神经瘤的保守观察需审慎。

关键词: 听神经瘤;显微外科;放射治疗;保守观察

中图分类号:R651.1 文献标识码:C 文章编号:1007-1520(2016)06-0425-06

Management of acoustic neuroma

——Complete removal of tumor with neural function preservation

YUAN Xian-rui

(Department of Neurosurgery, Xiangya Hospital, Central South University, Changsha 410008, China)

Abstract: Contemporary treatment strategy of acoustic neuroma includes microsurgical resection, radiotherapy, and conservative observation (watchful waiting). Along with the advances in research on the growing patterns of this tumor and improvement of microsurgical techniques, there has been controversy about treatment options. According to our study and relevant literatures about ways of treatment for acoustic neuroma in recent years, it is concluded that microsurgical treatment is the optimal choice for the patients with symptoms taking the neural function preservation and the long-term life quality of patients as the bases for selection. With advantages of comprehensive indications (applicable to tumors of all sizes), high total resection rate, low rates of mortality, disability and complications, and proper neural function preservation and hearing conservation, the retrosigmoid approach is a preferable approach for surgical removal of acoustic neuroma. Radiotherapy is a good replacement therapy for the patients with surgical contraindications. Conservative observation (watchful waiting) should be applied prudently.

Key words: Acoustic neuroma; Microsurgery; Radiotherapy; Observation

听神经瘤是颅内良性肿瘤,治疗方法包括显微手术、放射治疗、保守观察。近20年来,显微手术技术取得了巨大的进步,听神经瘤患者就诊时肿瘤平均体积逐年减小^[1],并且随着听神经瘤生长规律研究的进展,治疗方式的选择争议不断。面对这些新的变化,我们回顾分析了近年来听神经瘤治疗的文献,重新了解和认识听神经瘤的生长规律和各种治疗方法的疗效及利弊,并结合我们的研究结果,提出听神经瘤治疗方式选择的个人观点。

1 听神经瘤的自然生长特点不一,保守观察需审慎

听神经瘤是良性神经鞘瘤,49.7%的听神经瘤在60个月以上的随访期内肿瘤不增长,肿瘤增长大多缓慢,平常增长速度为0.99~1.11 mm/年^[2]。听神经瘤增长无规律,第1年增长的肿瘤继续增长的可能性大^[2]。对于影响肿瘤增长的其他因素,有观点认为年轻患者肿瘤增长的可能性更大^[3],内听道内的肿瘤增长速度比内听道外的肿瘤缓慢^[4],囊性听神经瘤增长速度较实性肿瘤快^[5],但这些观点仍存在争论。

听神经瘤的保守观察是指对小型听神经瘤患者定期复查MRI,观察肿瘤和病情变化。目前保守观察没有统一的标准,通常认为保守观察适应于症状轻微、老年或有严重基础疾病的、小型听神经瘤患者,对于中型听神经瘤进行保守观察存在争议。Stangerup等^[6]对听神经瘤保守观察进行了长期大样本量研究,他们的观察方案是:进行保守观察的听神经瘤小于15 mm,每年复查1次头部MRI持续复查5年,如果肿瘤增长(肿瘤增长大于2 mm)、症状加重或出现新的症状,应进行手术或伽玛刀治疗;如果肿瘤不增长,每2年复查1次MRI,复查2次后可停止。

2 听神经瘤治疗方式的选择需要个体化

对于大型听神经瘤、肿瘤引起脑干受压、出现脑积水的患者,应首选显微手术;对于中、小型听神经瘤的治疗,仍有争议。我们对77例手术和92例伽玛刀治疗中小型听神经瘤的结果进行了回顾性对比研究:手术采用乙状窦后入路,伽玛刀治疗肿瘤平均边缘放射剂量为13.0 Gy。手术组和伽玛刀组肿瘤平均大小分别为23.4 mm和18.3 mm,平均随访时间分别36.7个月和35.2个月。手术组肿瘤全切除

率为98.7%,肿瘤复发率为1.3%,围手术期无死亡病例,2.6%术后出现颅内感染,1.3%的患者出现脑脊液漏。伽玛刀组8.7%的患者肿瘤出现增长,无治疗死亡病例,16.3%的患者治疗后肿瘤周围脑组织出现放射性脑水肿,1例发展为脑积水。肿瘤5年无进展生存率手术组优于伽玛刀治疗组(手术组98.0%,伽玛刀组89.4%, $P=0.031$);手术组和伽玛刀组面神经功能保留率无差别(手术组96.0%,伽玛刀组94.5%, $P=0.67$);手术组和伽玛刀组有效听力保留率分别为22.2%和43.8%。

Maniakas等^[7]对于小于3 cm的听神经瘤应用伽玛刀和手术后的远期结果进行了文献荟萃分析,所纳入文献均为随访时间大于5年,手术和伽玛刀肿瘤控制率相近(手术98.7%,伽玛刀96.2%, $P=0.122$),伽玛刀听力保留率优于手术(伽玛刀70.2%,手术50.3%, $P<0.001$)。伽玛刀术后0~1.8%的患者出现面神经麻痹,手术后1.3%的患者出现永久性面神经麻痹;0~3.1%的伽玛刀治疗后患者出现三叉神经麻痹,而手术术后出现三叉神经麻痹为0。

对于保守观察、放射治疗、手术3种治疗方案对患者远期生活质量和神经功能的影响,Carlson等^[8]最近采用问卷调查的方法对世界上多个中心的642名听神经瘤患者进行了横断面研究,结果显示放射治疗、手术、保守观察及无瘤对照组之间无统计学差异。Carlson认为对于无症状或症状轻微的中小型听神经瘤患者,应当首先进行保守观察,如果肿瘤进展或出现症状加重,应及时采取治疗。

听神经瘤保守观察过程中如肿瘤增大,需选择手术或放射外科治疗^[9];显微手术能实现很高的肿瘤控制率和面神经功能保留率。对于极少数术后肿瘤复发的患者可采取严密观察、放射外科治疗或再次手术治疗。对于放射治疗后失败的听神经瘤,需再次手术治疗,术中可以观察肿瘤周围纤维瘢痕形成,肿瘤与脑干、小脑、面神经粘连紧密,手术难度增大,肿瘤全切率为70%~86%^[10-12]。面神经解剖保留率可达93.3%,但面神经功能优良为73.3%^[12]。伽玛刀治疗对耳鸣、眩晕、平衡功能障碍等术前症状缓解不佳^[13]。伽玛刀治疗后只有63.4%的肿瘤萎缩,3.8%的患者肿瘤增长,32.8%的患者肿瘤保持不变^[7]。放射治疗后症状的持续或加重可能与肿瘤继续存在有关。另外,放射治疗可以导致放射性脑水肿及脑积水。听神经瘤是良性肿瘤,肿瘤恶变发生率,但放射治疗后肿瘤恶变的风险增加10倍^[14]。

放射治疗和显微手术都能实现部分患者的听力保留,目前大多数研究认为伽玛刀能更好的保留听力^[7]。手术后听力的下降可能与听神经保留的不完整或者神经缺血水肿有关。伽玛刀治疗后听力的下降可能与伽玛刀治疗后肿瘤的短暂性增大有关^[15]。大多数听神经瘤伽玛刀治疗后会出现短暂的增大^[16],内听道内肿瘤体积的增大会导致内听道内压的增高,从而引起听力的下降。内听道内压与脑干听觉诱发电位有关,可以通过脑干听觉诱发电位的改变进行观察研究^[15]。相对而言,保守观察的患者远期有用听力保留率最高^[17]。对于对侧耳聋的患者,患侧的听力保留是至关重要的。除了进行听力保留的手术或放射治疗,进行听力的重建也非常有必要。人工耳蜗植入是目前重度耳聋患者重建听力的唯一方法^[18]。在欧美的一些医疗中心,已经成功开展了在显微手术切除肿瘤的同时,在同侧植入人工耳蜗,成功的为患者重建了听力^[19-20]。对于对侧有用听力的患者,患侧听力的保留也是有必要的,语音定位等功能依赖于双侧的听力^[21]。

3 听神经瘤的显微手术治疗:应追求肿瘤切除与神经功能保护的高度统一

3.1 听神经瘤的手术入路选择

常用的听神经瘤手术入路包括:乙状窦后入路、中路窝入路、经迷路入路,它们的优点和缺点如下表所示。

表1 听神经瘤各手术入路的优缺点

手术入路	优点	缺点
乙状窦后入路	1:适合于大、中、小各型听神经瘤; 2:可以实现面神经功能和听力保留; 3:后颅窝显露充分,利于显露脑干; 4:神经外科常用入路	1:内听道显露不佳,需磨开内听道; 2:小脑的牵拉; 3:面神经常位于肿瘤腹侧,在肿瘤部分切除后才能确定; 4:术后出现头痛症状较多
中颅窝入路	1:适合于中、小型听神经瘤; 2:可以实现面神经功能和听力保留	1:不适合大型听神经瘤; 2:后颅窝显露范围局限; 3:颞叶的牵拉; 4:面神经与肿瘤的位置关系影响肿瘤的全切除
经迷路入路	1:适合于大、中、小各型听神经瘤; 2:可以实现面神经功能保留; 3:可充分显露后颅窝; 4:对脑组织牵拉少	1:术后完全丧失听力; 2:神经外科医生对这一入路较为陌生; 3:需要移植自身脂肪组织

乙状窦后入路是神经外科常用手术入路,能充分的显露后颅窝,适合于各种大小的听神经瘤,并能

实现听力的保留。采用乙状窦后入路切除内听道内肿瘤需磨开内听道,在内听道口附近面神经常位于肿瘤腹侧,面神经在肿瘤大部分切除后才能显现确定。中颅窝入路显露小脑桥脑角区受限,适合于中、小型听神经瘤,能实现较好的面听神经功能保留,但由于面神经与肿瘤的位置关系,可能会增加肿瘤全切除的困难,颞叶的牵拉术后可能出现癫痫和言语障碍。经迷路入路对脑组织牵拉少,能充分显露后颅窝,能实现面神经功能的保留,但神经外科医生大多对这一入路较为陌生,经迷路入路最大的缺陷是破坏听力。

手术入路的选择需要考虑肿瘤的大小、肿瘤与毗邻解剖结构关系、面听神经功能保留、内听道内肿瘤、手术医生对手术入路的熟悉程度、患者年龄及一般健康状况等方面。所有的手术中均需进行面、听神经电生理检测。3种手术入路中,乙状窦后入路对于大、中型听神经瘤能更好的保留面神经功能和听力,对于小型听神经瘤,中颅窝入路面神经功能和听力保留较好^[22]。乙状窦后入路术后头痛发生率较高,经迷路入路保留面神经功能相对较差^[23]。

随着神经内镜技术的发展,神经外科的手术方法也发生了一些新的变化。一些医生尝试在显微手术中结合使用神经内镜,能较好的显露和切除肿瘤^[24-26];或者使用神经内镜切除一些小的听神经瘤,取得了较好的疗效^[27-28]。

3.2 近年来听神经瘤的手术结果

近20年来,随着手术显微镜的进步、对显微手术解剖的认识加深,显微手术的技巧有了很大的提高。听神经瘤显微手术能很好全切除肿瘤,能实现肿瘤的治愈。听神经瘤全切除术后肿瘤复发率为2.4%^[29]~3%^[30],保留听力的肿瘤全切除术后复发率为0.5%~2%^[31-32],而不保留听力的经迷路入路全切除术后肿瘤几乎不会复发^[33-35]。目前,只有极少数的神经外科医生主张听神经瘤次全切除和近全切除,次全切除和近全切除术后21%~22%的肿瘤会再生长,其中2%~10%的患者需要再次治疗^[33-35]。

近年来,显微手术术后死亡率很低,经乙状窦后入路手术死亡率低于0.5%^[36-38],经迷路入路手术死亡率在0~2%^[23, 36, 39],中颅窝入路切除较小的听神经瘤可实现0死亡率^[40]。对于65岁以上的老年患者,围手术期可能出现肺动脉栓塞、脑梗塞、术后血肿等可致死的并发症,但发生率为1%左右^[39]。一项最有代表性的经迷路入路病例报道^[41]

中并发症包括硬膜下血肿(0.4%),桥脑小脑角区血肿(0.6%),小脑血肿(0.28%),脑干血肿(0.28%),暂时性失语(0.14%),后组脑神经功能障碍(0.14%)。脑脊液漏的发生率为2.8%~14%^[39, 41]。Samii等报道^[42]的乙状窦后入路术后桥脑小脑角区血肿(2.2%),脑脊液漏(9.2%),脑积水(2.3%),颅内感染(1.2%),四肢轻瘫(0.1%),偏身轻瘫(1%),后组脑神经功能障碍(5.5%)。术后并发症和神经功能保留与手术组肿瘤大小有关,肿瘤越小,疗效越好。对于小脑桥脑角区肿瘤最大径小于1.5 cm的听神经瘤,手术可实现94%~96%的面神经功能优良(House-Brackmann分级I和II级)^[37, 43]。目前所有大小的听神经瘤术后面神经保留平均为95.8%,但面神经功能优良为65%^[44]。对于术前有听力的小型听神经瘤患者,术后听力保留甚至可高达74.1%~88%^[37, 45-46]。

4 放射外科治疗仅是部分听神经瘤患者的选择

听神经瘤的放射治疗包括单次立体定向放射治疗和分次立体定向放射治疗。目前的治疗设备主要有Leksell伽玛刀,直线加速器,Cyberknife等,其中伽玛刀运用最广泛。在20世纪80~90年代,伽玛刀治疗听神经瘤的适用范围较局限,主要适用于显微手术后肿瘤残留者、神经纤维瘤病2型以及健康状况差的患者^[47]。对于大型听神经瘤,由于放射治疗后三叉神经、面神经功能障碍发生率较高,且可能出现脑积水等并发症,不推荐首选伽玛刀治疗^[48-49]。为了减少放射性脑水肿和神经功能障碍,实现较好的肿瘤控制率和面听神经保留率,一些神经外科中心减小肿瘤边缘放射剂量(12~13 Gy)。伽玛刀治疗听神经瘤能实现较好的肿瘤控制率并保留面听神经功能,并被认为能够替代手术成为中、小型听神经瘤的治疗方案。伽玛刀治疗后肿瘤有效控制率与肿瘤大小及随访时间有关,Hasegawa等^[49]报道440例听神经瘤伽玛刀治疗后5年肿瘤控制率为93%,5年听力保留为43%,8年听力保留为34%,面瘫2.2%,三叉神经麻痹1.8%,其它并发症3.2%。对于不能进行手术治疗的大型听神经瘤患者,分次立体定向放射治疗也具有较好的疗效^[22]。

5 结论

对于听神经瘤,神经外科医生应了解它的生长

规律和各种治疗方法的利弊,并要认识到选择的治疗方法可能对患者的生活质量和神经功能造成的影响,特别是患者的面神经功能,应当始终以患者的利益为治疗的出发点和落脚点,结合患者具体情况,为患者提供最优的治疗。结合以上综述和研究结果,我们的观点是:出现症状的听神经瘤患者,应首选手术治疗;乙状窦后入路适应于大、中、小各型听神经瘤,肿瘤全切除率高,死残率和并发症发生率低,能很好的保留面神经功能和听力,是治疗听神经瘤的较好选择。放射外科治疗是部分听神经瘤患者可选择的替代治疗方法。听神经瘤的保守观察需审慎。

参考文献:

- [1] Stangerup, SE, Caye-Thomasen P. Epidemiology and natural history of vestibular schwannomas[J]. *Otolaryngol Clin North Am*, 2012, 45(2): 257-268.
- [2] Nikolopoulos TP, Fortnum H, O'Donoghue G, et al. Acoustic neuroma growth: a systematic review of the evidence[J]. *Otol Neurotol*, 2010, 31(3): 478-485.
- [3] Mirz F, Jorgensen B. Investigations into the natural history of vestibular schwannomas[J]. *Clin Otolaryngol Allied Sci*, 1999, 24(1): 13-18.
- [4] Hajioff D, Raut W, Walsh RM, et al. Conservative management of vestibular schwannomas: third review of a 10-year prospective study[J]. *Clin Otolaryngol*, 2008, 33(3): 255-259.
- [5] Sakamoto TS, Fukuda, Inuyama Y. Hearing loss and growth rate of acoustic neuromas in follow-up observation policy[J]. *Auris Nasus Larynx*, 2001, 28 Suppl: 23-27.
- [6] Stangerup SE, Caye-Thomasen P, Tos M, et al. The natural history of vestibular schwannoma[J]. *Otol Neurotol*, 2006, 27(4): 547-552.
- [7] Maniakas A, Saliba I. Microsurgery versus stereotactic radiation for small vestibular schwannomas: a meta-analysis of patients with more than 5 years' follow-up[J]. *Otol Neurotol*, 2012, 33(9): 1611-1620.
- [8] Carlson ML, Tveiten OV, Driscill CL, et al. Long-term quality of life in patients with vestibular schwannoma: an international multi-center cross-sectional study comparing microsurgery, stereotactic radiosurgery, observation, and nontumor controls[J]. *J Neurosurg*, 2015, 122(4): 833-842.
- [9] Rosahl S, Eber D. [Vestibular schwannoma-management and microsurgical results][J]. *HNO*, 2016, Oct14. [Epub ahead of print].
- [10] Lee CC, Wu HM, Chung WY, et al. Microsurgery for vestibular schwannoma after Gamma Knife surgery: challenges and treatment strategies[J]. *J Neurosurg*, 2014, 121 Suppl: 150-159.
- [11] Friedman RA, Berliner KI, Bassim M, et al. A paradigm shift in salvage surgery for radiated vestibular schwannoma[J]. *Otol Neurotol*, 2011, 32(8): 1322-1328.

- [12] Husseini 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(2): 107-114.
- [13] Boari N, Bailo M, Gaqliardi F, et al. Gamma Knife radiosurgery for vestibular schwannoma: clinical results at long-term follow-up in a series of 379 patients[J]. *J Neurosurg*, 2014, 121 Suppl: 123-142.
- [14] Seferis C, Torrens M, Paraskevopoulou C, et al. Malignant transformation in vestibular schwannoma: report of a single case, literature search, and debate[J]. *J Neurosurg*, 2014, 121 Suppl: 160-166.
- [15] Han JH, Kim DG, Chung HT, et al. Hearing Outcomes After Stereotactic Radiosurgery for Vestibular Schwannomas: Mechanism of Hearing Loss and How to Preserve Hearing[J]. *Adv Tech Stand Neurosurg*, 2016, (43): 3-36.
- [16] Nagano O, Hiquchi Y, Serizawa T, et al. Transient expansion of vestibular schwannoma following stereotactic radiosurgery[J]. *J Neurosurg*, 2008, 109(5): 811-816.
- [17] Tveiten OV, Carlson ML, Goplen F, et al. Long-term Auditory Symptoms in Patients With Sporadic Vestibular Schwannoma; An International Cross-Sectional Study[J]. *Neurosurgery*, 2015, 77(2): 218-227; discussion 227.
- [18] Arndt S, Aschendorff A, Lasziq R, et al. Comparison of pseudo-binaural hearing to real binaural hearing rehabilitation after cochlear implantation in patients with unilateral deafness and tinnitus[J]. *Otol Neurotol*, 2011, 32(1): 39-47.
- [19] Lassaletta L, Aristegui M, Medina M, et al. Ipsilateral cochlear implantation in patients with sporadic vestibular schwannoma in the only or best hearing ear and in patients with NF2[J]. *Eur Arch Otorhinolaryngol*, 2016, 273(1): 27-35.
- [20] Di Lella F, Merkus P, Di Trapani G, et al. Vestibular schwannoma in the only hearing ear: role of cochlear implants[J]. *Ann Otol Rhinol Laryngol*, 2013, 122(2): 91-99.
- [21] Sanna M, Medina MD, Macak A, et al. Vestibular Schwannoma Resection with Ipsilateral Simultaneous Cochlear Implantation in Patients with Normal Contralateral Hearing[J]. *Audiol Neurotol*, 2016, 21(5): 286-295.
- [22] Cohen-Inbar, O. [the Multidisciplinary Treatment of Vestibular Schwannoma (Acoustic Neuroma)] [J]. *Harefuah*, 2016, 155(3): 181-184, 194-195.
- [23] Ansari SF, Terry C, Cohen-Gadol AA. Surgery for vestibular schwannomas: a systematic review of complications by approach[J]. *Neurosurg Focus*, 2012, 33(3): E14.
- [24] Miyazaki H, Deveze A, Magnan J. Neuro-otologic surgery through minimally invasive retrosigmoid approach: endoscope assisted microvascular decompression, vestibular neurectomy, and tumor removal[J]. *Laryngoscope*, 2005, 115(9): 1612-1617.
- [25] Gerganov VM, Romansky KV, Bussarsky VA, et al. Endoscope-assisted microsurgery of large vestibular schwannomas[J]. *Minim Invasive Neurosurg*, 2005, 48(1): 39-43.
- [26] Goksu N, Yilmaz M, Bayramoglu I, et al. Evaluation of the results of endoscope-assisted acoustic neuroma surgery through posterior fossa approach[J]. *ORL J Otorhinolaryngol Relat Spec*, 2005, 67(2): 87-91.
- [27] Mostafa BE, El Sharnoubi M, Youssef AM. The keyhole retrosigmoid approach to the cerebello-pontine angle: indications, technical modifications, and results[J]. *Skull Base*, 2008, 18(6): 371-376.
- [28] Shahinian HK, Eby JB, Ocon M. Fully endoscopic excision of vestibular schwannomas[J]. *Minim Invasive Neurosurg*, 2004, 47(6): 329-332.
- [29] Fukuda M, Qishi M, Hiraschi T, et al. Clinicopathological factors related to regrowth of vestibular schwannoma after incomplete resection[J]. *J Neurosurg*, 2011, 114(5): 1224-1231.
- [30] Nuseir A, Sequino G, DeDonato G, et al. Surgical management of vestibular schwannoma in elderly patients[J]. *Eur Arch Otorhinolaryngol*, 2012, 269(1): 17-23.
- [31] Mazzoni A, Calabrese V, Moschini L. Residual and recurrent acoustic neuroma in hearing preservation procedures: neuroradiologic and surgical findings[J]. *Skull Base Surg*, 1996, 6(2): 105-112.
- [32] Sanna M, Khrais T, Russo A, et al. Hearing preservation surgery in vestibular schwannoma: the hidden truth[J]. *Ann Otol Rhinol Laryngol*, 2004, 113(2): 156-163.
- [33] Ben Ammar M, Piccirillo E, Topsyak V, et al. Surgical results and technical refinements in translabyrinthine excision of vestibular schwannomas: the Gruppo Otologico experience[J]. *Neurosurgery*, 2012, 70(6): 1481-1491; discussion 1491.
- [34] Spielmann PM, Sillars H. Assessing the threshold for vestibular schwannoma resection and the behavior of residual tumor[J]. *Otol Neurotol*, 2013, 34(5): 935-938.
- [35] Chen Z, Prasad SC, Dulella F, et al. The behavior of residual tumors and facial nerve outcomes after incomplete excision of vestibular schwannomas[J]. *J Neurosurg*, 2014, 120(6): 1278-1287.
- [36] Samii M, Gerganov V, Samii A. Improved preservation of hearing and facial nerve function in vestibular schwannoma surgery via the retrosigmoid approach in a series of 200 patients[J]. *J Neurosurg*, 2006, 105(4): 527-535.
- [37] Mazzoni A, Zanoletti E, Calabrese V. Hearing preservation surgery in acoustic neuroma: long-term results[J]. *Acta Otorhinolaryngol Ital*, 2012, 32(2): 98-102.
- [38] Mazzoni A, Birolì F, Foresti C, et al. Hearing preservation surgery in acoustic neuroma. Slow progress and new strategies[J]. *Acta Otorhinolaryngol Ital*, 2011, 31(2): 76-84.
- [39] Springborg JB, Fugleholm K, Poulsqaardm L, et al. Outcome after translabyrinthine surgery for vestibular schwannomas: report on 1244 patients[J]. *J Neurol Surg B Skull Base*, 2012, 73(3): 168-174.
- [40] Brackmann DE, House JR, 3rd, Hitselberger WE. Technical modifications to the middle fossa craniotomy approach in removal of acoustic neuromas[J]. *Am J Otol*, 1994, 15(5): 614-619.