

听神经瘤手术治疗中的面神经功能保护

郝玉哲, 宗世民, 黄奇麟, 程华茂, 肖红俊

华中科技大学同济医学院附属协和医院耳鼻咽喉头颈外科, 湖北 武汉

收稿日期: 2024年4月11日; 录用日期: 2024年5月6日; 发布日期: 2024年5月13日

摘要

面神经功能障碍是听神经手术治疗后常见的并发症, 严重影响病人的生活质量。肿瘤大小、手术入路、切除程度等因素与术后面神经功能相关。为保护面神经, 肿瘤较大时可以选择性保留部分瘤体。详细的影像学检查可以帮助术前确定瘤体与面神经的关系, 指导手术方案的制定。神经内镜和神经电生理监测等技术对于手术的安全性和面神经功能的保护起着积极的作用。未来, 医学影像学、神经电生理监测和人工智能等技术的发展将为患者治疗提供更多的支持, 研究新的手术技术也将有助于患者术后的面神经功能保护。

关键词

听神经瘤, 面神经, 术前影像学评估, 神经电生理监测, 面神经功能重建

Facial Nerve Function Preservation in the Surgical Treatment of Acoustic Neuroma

Yuzhe Hao, Shimin Zong, Qilin Huang, Huamao Cheng, Hongjun Xiao

Department of Otolaryngology-Head and Neck Surgery, Union Hospital, Tongji Medical College, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan Hubei

Received: Apr. 11th, 2024; accepted: May 6th, 2024; published: May 13th, 2024

Abstract

Facial nerve dysfunction is a common complication following surgical treatment of acoustic neuroma, significantly impacting the quality of life for patients. Tumor size, surgical approach, extent of resection, and other factors are associated with postoperative facial nerve function. To preserve the facial nerve, selective retention of a portion of the tumor can be considered when the tumor is large. Detailed imaging examinations can help determine the relationship between the tumor and the facial nerve preoperatively, guiding the development of surgical plans. Techniques such as neuroendoscopy and neurophysiological monitoring play a positive role in ensuring surgical

safety and preserving facial nerve function. In the future, the development of medical imaging, neurophysiological monitoring, and artificial intelligence technologies will provide further support for patient treatment. Research into new surgical techniques will also contribute to the preservation of facial nerve function following surgery.

Keywords

Acoustic Neuroma, Facial Nerve, Preoperative Imaging Assessment, Neurophysiological Monitoring, Facial Nerve Function Reconstruction

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

听神经瘤是一种起源于内听道内的前庭神经鞘膜良性肿瘤，是桥小脑区(cerebellopontine angle, CPA)最常见的肿瘤，手术切除是主要治疗方法[1] [2] [3] [4]。面神经损伤是听神经瘤的常见术后并发症，术后面神经功能是反映治疗效果和影响术后生活质量最重要的指标[5] [6]。过去，听神经瘤治疗完全依赖外科手术进行肿瘤切除[7] [8]。目前已经发展到追求完整保留神经功能，实现个体化治疗的阶段[9] [10] [11] [12]。但术后的面神经功能障碍仍然是常见问题[13]。

听神经瘤大多血供丰富，会随着生长逐渐压迫周围组织[14] [15] [16]，加之桥小脑角区解剖结构复杂，术中视野狭小，操作不便，均易导致面神经损伤[1] [2] [3] [4]。随着手术方法的进步，在解剖意义上保留面神经已成为听神经瘤手术的重要标准，面神经电生理监测等技术可用于减少术后面瘫的发生[12]。本文将就听神经瘤手术中面神经功能保护的相关问题进行总结，分析可能的影响因素，以便为临床更好地治疗听神经瘤，保护面神经功能提供参考。

2. 面神经与听瘤的位置关系及其对功能保护的影响

听神经瘤是最常见的桥小脑区肿瘤，约占 85%~92% [17] [18] [19]。其可能发生在第八对颅神经轴突的任何节段[20]，Roosli [21]认为其较少真正起源于听神经，多来自于内听道(internal auditory canal, IAC)内侧的前庭神经，位于神经鞘膜与施旺细胞交界处的外侧[21]。邻近的神经、血管会随着肿瘤的生长压迫出现移位[2] [7] [14] [15] [16]。其中，面神经既可能贴附于肿瘤表面，也可能被肿瘤浸润[22]。肿瘤较大时更易发生面神经的粘附，从而影响其功能[10]。

2.1. 二者的相对位置关系

面神经在内听道内的相对位置可分为 4 类，即肿瘤腹侧(A)、肿瘤上极(AS)、肿瘤下极(AI)及肿瘤背侧(D) [15]。其中最常见于听神经瘤的腹侧，极少见于背侧。术中仔细辨别二者的位置关系有助于更完整地保护面神经。Sampath [22]认为面神经最可能位于肿瘤的腹侧中央，行走在肿瘤背侧者很少见(<1%)。Nejo [14]等发现约 3.8% (21/556)的面神经行走在听神经瘤的背侧，Nakamizo [15]等报道较为类似(3.5%，4/114)。Mastronardi [23]观察的 26 例囊性听神经瘤中的面神经位置中，分别有 10 例(38.4%)、10 例(38.4%)、6 例(23.2%)位于腹侧下部、腹侧上部和腹部，无背侧。Zhang [24]在 30 例听神经瘤术中发现，面神经位于肿瘤腹侧中部 14 例(46.6%)，腹侧上部 8 例(26.6%)，腹侧下部 7 例(23.3%)，上极 1 例(3.3%)。

2.2. 肿瘤生长对面神经位置、形态和功能的影响

面神经的位置改变多考虑为听神经瘤的生长推移导致,可能影响手术操作和远期神经功能[10] [13] [25] [26] [27] [28]。Mastronardi [10]发现肿瘤大小与面神经位置可能存在相关性: <1.5 cm 的肿瘤, AS 更多见(68.4%); 而≥1.5 cm 的肿瘤, A 和 AI 的比例增加(31.4%和 25.5%)。但 Bae [16]等人发现在<2 cm 肿瘤中, 面神经多数(65.2%)沿肿瘤腹侧中部移位, 而在>2 cm 肿瘤中, 面神经以沿腹侧上部为主(59.3%)。Mastronardi [10]发现, 面神经的位置和行程与术后面神经功能有相关性, AS 和 AI 型比 A 型者有更好的术后面神经功能($P < 0.05$)。

面神经会随着肿瘤的生长挤压变薄, 甚至被肿瘤包裹, 加之面神经的血供较少且靠近膝状神经节的部分缺少神经鞘膜保护, 因此术中受损风险较高[13]。肿瘤大小是影响术后面神经功能的关键因素, 面神经功能保存率和肿瘤全切率随着瘤体大小的增加而降低[25]。且即使完整保留面神经, 术后仍可能出现面神经的功能障碍[26]。Anaizi [27]等对小型听神经瘤进行了显微手术, 面神经解剖保存率和功能保存(HBI-II)率分别为 100%和 95%, 因此其认为面神经功能保留不仅取决于解剖学的完整性, 也与术中牵拉、电热损伤、供血动脉损伤等有关。Taha [28]认为术中神经监测提示面神经受损的患者更易出现面神经功能不良的结局。de Boer [29]发现 4% (20/596)的患者虽完整保留面神经但术中监测信号仍然丧失。

2.3. 术前影像学评估对于面神经保护的价值

术前影像学检查有利于区分瘤体与面神经的位置关系, 通过可视化技术精确识别肿瘤与神经的相对位置将进一步提高手术安全性, 减少术后面神经麻痹等并发症的发生[24] [30] [31] [32] [33] [34]。弥散张量成像(diffusion tensor imaging, DTI)是利用水分子弥散特性作为信号来显示神经组织结构的检查技术, 可以在术前定位面神经走向以及和肿瘤的相对位置, 有利于指导手术进行[30] [31]。Zhang [24]通过 DTI 技术实现面神经术前示踪率 90% (27/30), 其中 25 例与术中发现的面神经实际位置一致, 符合率为 92.6% (25/27), 均得以完整保留面神经, 28 例患者术后 2 周面神经功能 HBI-II 级。徐力[32]等的一项研究表明, 术前 DTI 联合术中面神经电生理监测, 有助于提高对听神经瘤患者面神经定位准确性, 减少术中出血量, 缩短手术时间并降低面神经功能受损风险。

影像学检查可以反映听神经瘤在内听道内的位置和形态, 一定程度上可以预测患者术后的面神经功能, 结合人工智能技术也将为临床医生提供一种潜在的决策工具。Fujita [33]发现术前磁共振(magnetic resonance imaging, MRI)检查中内听道中瘤体外侧的脑脊液基底帽(fundal fluid cap)的存在与术后长期面神经功能明显相关($P = 0.034$)。Zhou [35]等根据术前影像学检查结果, 提出了基于肿瘤填充内耳道的百分比(TFIAC 分类)的概念, 认为 TFIAC IV 级患者的术后面神经功能障碍发生率显著高于 TFIAC III 级患者(48.0% vs 26.1%, $P < 0.001$)。Strauss [34]分析了 100 例通过乙状窦后入路手术治疗的听神经瘤患者的术前 MRI 资料, 评价 Koos 和 Samii 分级、肿瘤体积、瘤体最大直径与 6 个月后面神经功能的关系, 结果发现 Koos 和 Samii 分级系统、肿瘤大小与术后 6 个月面瘫具有高度可比性和一致性, 肿瘤体积可作为面神经术后功能的预测因素, 主要在 Koos4 级, Samii4b 级的大肿瘤患者术后 6 个月中观察到严重面神经麻痹, 较小的肿瘤在手术 6 月后很少出现严重的面瘫。Wang [36]等通过人工智能的办法, 结合患者临床和多序列 MRI 放射学特征, 开发了一种的深度学习预测模型, 在预测术后短期面神经功能上表现出色。

3. 与面神经功能相关的因素

一般认为, 术后的面神经功能与肿瘤大小、侵犯程度、术中面神经电生理监测应用、手术入路等相关, 与年龄、肿瘤是否存在囊性变等无关[10] [13] [25] [34] [35] [37]-[44]。Mastronardi [7]研究了 60 例 Koos

IV 级患者经乙状窦后入路手术后的面神经情况, 90%患者的面神经完整保留, 71.1%患者长期随访的面神经功能良好(HBI-II), 其认为更好的面神经功能与实体瘤、术前三叉神经或共济失调的症状、无紧密粘连、低出血肿瘤、内镜辅助、全切除或近全切除等因素相关。Grinblat [40]一项包含 389 例患者经迷路入路手术的研究发现, 症状持续时间较长、严重耳聋、肿瘤大小 ≥ 4 cm、面神经位于腹侧上部与较差的术后面神经功能相关, 而术前眩晕症状则预示着较好的术后面神经功能。Tawfik [42]认为肿瘤大小、术前 HB 分级与术后的面神经功能结局呈正相关。Bozorg [45]通过一项多中心对照研究发现年龄、性别、类固醇治疗、同侧听力功能和术前头晕症状与面神经功能结局无关。Wach [44]认为术后病理 MIB-1 指标 $\geq 5\%$ 是 1 年后面神经功能恶化的显著预测因素($P < 0.001$)。

3.1. 年龄

年龄不是影响术后面神经功能的直接因素。无禁忌症的老年患者也可以安全地接受手术治疗, 且面神经功能预后并未更差, 年轻患者反而需要更加关注术后面神经功能。Luryi [38]等认为老年(70 岁以上)患者经长期随访并未出现更高的面瘫率。Kohlberg [3]认为老年患者与非老年患者接受颅中窝入路手术时, 在术后并发症、面神经和听力结果等方面无显著差异。但 Mastronardi [17]认为小于 30 岁的患者的肿瘤更可能表现为更大体积、更多粘连, 更丰富的血管, 术中更易出血以及长期面神经功能更差, 因此对于年轻的大肿瘤患者应首选近全切除, 以最大限度地保留面神经功能。

患者的年龄和身体状态是决定患者能否承受手术以及预测术后恢复的可靠因素, 应综合根据患者年龄及患有合并症的程度来判断其能否接受手术治疗。Pattankar [6]认为年轻(≤ 45 岁)患者在手术后有更好的生活质量。Luryi [38]等一项包括 452 例听神经瘤患者的研究显示, 老年患者(>70 岁)更可能由于顽固性眩晕、脑干压迫或脑积水等症状而需要接受手术, 完全切除肿瘤的可能性较小, 但并未表现出更长的手术时间和更多的术后并发症。Nasrollahi 等人[46]认为患者的虚弱状态是听神经瘤术后不良结局的重要预测指标, 与年龄相比, 虚弱对患者预后的预测价值更大, 虚弱者的再次入院及术后并发症发生率均较高。Tang [47]等人在总结了 32,465 例听神经瘤手术病例后, 针对患者的术前虚弱状态提出了一种 VS-5 评分系统(包含 5 个变量, 即 ≥ 60 岁、脑积水、术前颅神经麻痹、糖尿病和高血压), 可以较好地预测死亡率、住院时间与术后并发症。

3.2. 肿瘤大小与面神经粘连情况

体积越大的肿瘤与面神经的接触越广泛, 粘连越紧密, 剥离肿瘤的难度越大, 术中损伤面神经的几率也越大, 因此对于 3 cm 以上的肿瘤应首要保护面神经, 而非追求完全切除[43]。Elsayed [39]术中发现约有 1/3 患者存在肿瘤与神经的严重粘附。de Boer [29]认为术前肿瘤大小与术后面神经功能显著相关($P < 0.001$), 与切除程度无关。Wach [44]发现巨型听瘤(>4 cm)是术后 1 年更差的面神经功能的重要预测指标, 认为巨型听瘤应优先考虑保留面神经功能而不是全切除。Killeen [49]认为肿瘤体积 > 3 cm³ 与术后 12 个月更差的面神经功能有关。Mastronardi [10]发现当肿瘤 > 3.0 cm 时, 面神经更可能发生粘连, 术后更易面瘫($P < 0.05$)。Zanoletti [41]发现经迷路入路术后 12 个月小型肿瘤的面神经功能明显优于中型肿瘤(97% vs 83%), 随肿瘤体积增大, 面瘫风险增加近 4.5 倍($P < 0.001$)。Tawfik [42]认为肿瘤大小和术前 HB 功能可预测更差的面神经功能结局。Zhang [37]等认为肿瘤 > 3 cm 时术后面瘫风险更高(52.9%, 9/17), < 3 cm 患者风险较低(5.3%, 1/19)。Ansari [50]等进行的一项系统评价也发现, 肿瘤 > 3 cm 患者术后面瘫发生率为 35.5%, < 3 cm 患者为 9.7%。

3.3. 肿瘤切除程度

肿瘤完全切除是听神经瘤手术目标之一, 但为了保护面神经, 可以选择保留部分瘤体[7] [12] [51]

[52]。在保留功能和最大限度地切除肿瘤之间进行取舍已经成为手术治疗的关键[7]。肿瘤切除程度可分为全切除(GT)、近全切除(NT, 残余物 < 5%)、次全切除(ST, 残余物 5%~10%)或部分切除(P, 残余物 > 10%) [7]。肿瘤大小、是否囊性变、粘连情况、手术方式等都可以影响切除程度[7] [23] [53]。Elsayed [39]认为在术中面神经监测的指导下, 可对粘连严重的瘤体进行部分保留, 以保护面神经功能。

术中保护面神经比完全切除肿瘤更重要, 当瘤体较大, 或与面神经明显粘连时应选择部分切除[12]。部分切除大型肿瘤后再行放射治疗, 效果可能更好。Taha [28]认为在近全切除肿瘤后对残留或再生的肿瘤进行放射治疗时, 面神经预后更好。Suero [25]等报道伽玛刀放射外科(gamma knife radiosurgery, GKRS)对大型听瘤患者在最大程度手术切除后的肿瘤残留和复发的有效控制率可以达到 91%。Daniel [54]等报道了 32 例大型听瘤患者在次全切除肿瘤后应用 GKRS 的治疗效果, 所有患者手术后的面神经功能正常(HB I 级), 并有 94.1%术前听力正常且术中保留了耳蜗神经的患者术后保留了实用听力, 在经 GKRS 治疗后肿瘤控制率为 91.6%, 且患者的面听神经功能未进一步下降。

4. 手术入路的选择与面神经功能保护

手术治疗是目前治疗听神经瘤的主要方案, 关键在于神经功能保护[11] [12] [55]。主流的手术入路有三种, 即乙状窦后入路(retrosigmoid approach, RS)、颅中窝入路(middle cranial fossa approach, MCF)和经迷路入路(translabyrinthine approach, TL)。不同的手术入路侧重点不同。一般认为, RS 更利于保存面神经, 适用于大多数肿瘤; TL 能够早期识别神经血管与肿瘤的关系, 尤其适用于早期局限于内听道内的肿瘤和老年患者; MCF 可保留听力, 复发率最低, 适用于小型肿瘤及对术后听力要求较高的患者, 但对面神经保护不如 RS 和 TL。

4.1. 乙状窦后入路

乙状窦后入路(retrosigmoid approach, RS)是目前使用的主要入路[56], 几乎适用于所有类型的听神经瘤, 尤其是大型肿瘤, 在保留面听神经功能上具有优势。RS 通过枕下 - 乙状窦后到达内听道及桥小脑角, 手术视野清晰, 能更好地保护面神经和耳蜗神经[57]。但对内听道暴露有一定的局限, 无法直视内听道外 1/3 的肿瘤, 可能会增加肿瘤残留的机会[51] [58], 复发率较高且术后并发症较多[2] [50] [58] [59]。徐冠华[60]指出头晕(66.7%)、听力下降(58.3%)和面瘫(32.3%)为最常见的术后并发症。Schipmann [11]报道的 RS 术后新发面瘫率为 6.1%。Ansari [50]通过系统回顾发现, 与颅中窝入路和迷路入路相比, RS 的面神经功能保护更好, 尤其是对于 3 cm 以上肿瘤。赵澎[61]研究发现, 听神经瘤经 RS 入路全切除率 100%, 面神经保留率 100%, 半年后面神经功能良好率为 81%。Schipmann [11]发现 RS 入路术后 1 月和 3 月面瘫加重率分别为 16.5%和 6.1%。

4.2. 经迷路入路

经迷路入路(translabyrinthine approach, TL)是通过迷路进入桥小脑角的手术途径, 可以直接打开内听道[57], 能够早期识别神经血管与肿瘤的关系, 从而更好地保护神经[56]。TL 损伤小脑及后组颅神经的风险小, 但手术时间长, 不能保存听力, 且易引起脑脊液漏[2] [59]。TL 是老年患者和小型听瘤患者不考虑保留听力时的良好入路[50] [62]。Kim [2]分析了 86 例大型(>3.0 cm)听神经瘤患者的手术结果, 分别有 53 名和 33 名患者接受了 RS 和 TL 手术, 两组在切除程度、肿瘤复发和面神经功能保存上没有显著差异, 但 TL 可以减少小脑和后组颅神经损伤的并发症。Zanoletti [41]分析了 330 名中小型听瘤(内听道内或≤20 毫米的内听道外肿瘤)经 TL 入路的治疗效果, 所有病例均实现了完全肿瘤切除, 术中面神经保留率为 96.4%, 并发症总发生率为 5.5%, 最常见为脑脊液漏。

4.3. 颅中窝入路

颅中窝入路(middle cranial fossa approach, MCF)可以在不破坏内耳的情况下进入几乎整个内耳道,可保留听力[52],故 MCF 适合于局限于内听道内或直径 $< 1.5\text{ cm}$ 、无明显侵犯桥小脑角、患侧听力较佳的听神经瘤患者[56] [63] [64],是小型肿瘤保留听力时最安全的手术入路[3] [50] [63] [64]。对于对耳听力良好的听神经瘤,保留患侧面神经功能的考虑应优于听力,而 MCF 对于面神经的确认和保护,不如 TL [57]。Jia [26]等报道的 12 例中小型听瘤 MCF 手术中,9 例患者实现了全切除,3 例术后 MRI 检查见肿瘤残留;9 例术后面神经功能良好,3 例术后立即出现中度面瘫(HB IV 级),其中 1 例患者在末次随访时恢复到 HB I 级。

5. 手术因素对面神经功能的影响

面神经保护是听神经瘤手术的关键,对于囊变和大型的听神经瘤,面神经常常在受压后移位变形,导致保护的难度更大[11] [12] [55]。显微外科技术的成熟和术中神经电生理监测技术的应用,提高了手术切除时的安全性和面神经功能保存率,减少了并发症的发生,并改善了患者术后远期生活质量[65] [66]。

不同手术方式对面神经功能保存的影响较大,多种技术已经应用于临床并发挥作用[67]。如术中神经导航、神经电生理监测、神经内镜等可以指导手术安全进行,缩短手术时间,提高面神经保护率和肿瘤全切率,减少术后并发症的发生[30] [31] [32] [68] [69] [70] [71]。手术时间可能会对面神经功能预后产生影响。Gazia [48]认为 CPA 肿瘤的较长的手术时间(≥ 7 小时)与术后短期内 $\geq$ HB 3 级的面瘫正相关($P < 0.01$)。

5.1. 手术体位

关于切除听神经瘤时保护面神经神经的最佳体位存在争议。体位的选择必须仔细考虑所有个体患者的参数和风险,不同体位如半坐位(semi-sitting position, SSP)、侧位(lateral position, LP)/仰卧位等都各有优缺点[53] [56] [65] [72] [73] [74]。一般认为,仰卧位中术区液体的积留可能会阻碍观察颅神经并增加神经损伤风险[75],而半坐位可以更好地保护小脑和神经,利于双手操作,但更易发生静脉空气栓塞,术后脑脊液漏率更高[12] [56]。

更多的证据表明,SSP 体位时手术时间更短,可能更有利于完整切除肿瘤和保护面神经功能。Scheller [53]等报道了 97 例病人的手术情况,发现 SSP 相比 LP 全切率更高(93% vs 73%, $P = 0.002$),早期的面神经功能明显更好($P = 0.004$),两组在听力保留率上没有显著差异,但有 2 例患者 SSP 术中因发生静脉空气栓塞而终止手术。Schackert [65]等人发现虽然 SSP 可加快手术速度并减少失血,但 LP 和 SSP 组之间的切除范围、面神经结果和听力保留均无显著差异。Roessler [72]等人发现 SSP 组手术时间显著短于 LP 组(183 分钟 vs 365 分钟, $P < 0.0001$);术后 6 个月 SSP 组 HB I 级发生率高于 LP 组(63% vs 40%, $P = 0.02$),SSP 组重度面瘫率(HB 分级 $\geq$ III)为 7%,低于 LP 组的 26%。Song [73]等发现在 $\geq 3\text{ cm}$ 的大型听神经瘤 RS 术中,SSP 组和 LP 组分别有 88.1%和 80.1%患者实现肿瘤完全切除,SSP 组短期内面神经功能保留率高于 LP 组,但长期无明显差异,且 SSP 手术时间明显长于 LP,另有 2 例 SSP 组患者因术中发生静脉空气栓塞需转为 LP 继续手术。

5.2. 术中面神经电生理监测技术

面神经电生理监测是目前听神经瘤手术必要的辅助手段,使术中面神经的解剖学保存率提高 86%~92% [48]。术中应用面神经电生理监测能及时发现面神经踪迹,有助于肿瘤切除时识别和保留面神经,提高面神经的解剖和功能保存率,一定程度上降低患者术后面瘫发生率,改善长期面神经功能,提

高患者的生活质量[7] [39] [66] [69], 但可能增加手术时间[68]。实现更精密、更准确、更及时的面神经监测将是未来提高听神经瘤患者面神经预后的关键。de Boer [29]发现经迷路入路手术结束时, 94%患者保留了面神经解剖和电生理完整性, 术后 12 个月时 85%实现了良好的面神经功能(HBI-II), 二者显著相关($P < 0.001$, $OR = 18.669$)。Elsayed [39]在大型听神经瘤术中应用面神经监测, 术中当发现瘤体与神经强烈粘附, 或监测最大振幅降低 40%以上时谨慎保留部分瘤体, 分别有 51%、37%和 12%患者实现全切、近全切和次全切, 术后 95%长期面神经功能良好, 28%保留了可用的听力。Seidel [71]发现使用一种连续动态的带电的手术吸引装置可在肿瘤切除过程中提供持续的面神经监测, 反映 5~10 毫米内是否存在面神经, 而无需切换到单独的刺激探针, 有助于避免神经的意外损伤。Cenzato [75]认为面神经监测下使用超声吸引器(ultrasonic aspirator, UA)可安全地切除听神经瘤, 同时最大限度地减少对邻近神经组织的损伤。

此外, 面神经监测的术中表现还可以预测术后面神经功能情况[48] [76]。通过术中面神经监测的结果或可以指导对面神经预后的判断, 但对相关指标的判读缺少统一的标准和大规模、多中心的验证。Gazia [48]发现较高的神经最小刺激阈值(MST, >0.1 mA)和较低的复合肌肉动作电位(CMAP, <200 μ V)与 CPA 肿瘤术后短期和长期更差的面神经功能相关。Prell [70]认为术中面神经监测中 A-train (一种面神经肌电图自由运行的高频模式)量与术后面神经高度麻痹的风险显著相关。Li [76]等分析了 106 例患者的临床资料, 所有患者均术中全程使用神经电生理监测, 肿瘤切除后分别用颅面神经运动诱发电位(facial nerve motor evoked potential, FNMEP)和直接神经电刺激(direct nerve electrical stimulation, DNES)两种监测方法对面神经功能进行电生理学评估, 记录 FNMEP 在肿瘤切除后与基线的波幅比 M1, 肿瘤切除后 DNES 的脑干段与内听道段的波幅比 M2, 发现 M1、M2 分别与术后早期(1 天、1 月)和晚期(3 月)面神经功能成明显的负相关, $M1 < 0.58$ 或 $M2 < 0.36$ 可提示面神经功能中重度障碍。

5.3. 神经内镜和新术式的应用

显微手术联合使用神经内镜可用于检查内听道内是否有肿瘤残留, 实现最大程度的肿瘤切除, 并可能提高面神经和听力保护的机会, 减少并发症的发生[51] [77] [78]。Mastronardi [7]发现乙状窦后入路联合内镜(100%, 23/23 手术相较于单纯显微手术(56.7%, 21/37), 可以提高肿瘤全切或近全切除率($P < 0.001$), 且前者长期面神经功能更佳。Francesco [51]等报道在所有内镜联合显微手术的病人中, 均发现了内听道中的肿瘤残留并实现了完全切除, 而未联用内镜的显微手术病人中有 21%在术后 MRI 扫描中观察到肿瘤残留。因此, 显微外科联合内镜可以提高肿瘤切除率, 在追求最大程度安全切除听神经瘤和保留面神经和听觉功能方面具有明显优势, 并降低术后并发症的发生风险。近年来, 由于诊断技术的进步, 小型听神经瘤患者寻求治疗的比例逐渐增加, 包括微小(<1.0 cm)的内听道内或耳蜗内肿瘤, 因此手术的微创和安全将更加重要[20]。有报道指出耳内镜下经外耳道-鼓岬入路(transcanal transpromontorial approaches, TTA)也被认为是一种有效的手术方法, 可应用于局限于内听道或极少侵犯脑小脑角的小型听神经瘤患者[78]。但目前该手术方法尚未得到充分的病例验证, 应谨慎应用于临床。

6. 总结和展望

听神经瘤是桥小脑区最常见的良性肿瘤, 外科手术是治疗的主流方案[21]。目前, 手术的关键在于神经保护, 而不是完整切除肿瘤[11] [12] [55]。其中面神经损伤是主要并发症[1] [2] [3] [4], 严重影响病人长期生活质量[5] [6]。

听神经瘤生长会逐渐导致面神经的位置和形态改变[2] [7] [14] [15] [16], 较大的肿瘤易发生面神经的粘附, 加之内听道内术野狭小, 解剖结构复杂, 导致术中损伤面神经风险较高[13], 从而影响术后面神经功能[10]。因此, 肿瘤大小是影响术后面神经功能的关键因素, 保留面神经功能的可行性随着瘤体大小的

增加而降低[25]。但面神经功能保留不仅取决于解剖学完整性,也与术中牵拉、电热损伤、供血动脉损伤等有关[27]。即使完整保留面神经,术后仍可能出现面神经的功能障碍[26]。详细的影像学检查有利于术前仔细辨认瘤体与面神经的关系,指导制定手术方案,术前通过 DTI 等技术来识别肿瘤与神经的相对位置将进一步提高手术安全性,指导手术进行[30] [31]。未来,医学影像学 and 人工智能技术的进步将成为临床医生更可靠的诊疗辅助工具。

术后面神经功能除了与肿瘤大小、侵犯程度相关,还与面神经电生理监测、手术入路、切除程度等相关[10] [13] [25] [34] [35] [37]-[44]。老年患者若身体条件允许,可以保守地接受手术治疗,并不会表现出更差的预后[38],但应注意的是,年轻患者肿瘤更易表现出侵袭性,长期面神经功能可能更差[17],因此对于年轻的大型肿瘤患者应首选近全切除,在最大限度地切除肿瘤的同时保持面神经功能。

手术方式的选择会影响患者的面神经预后,如手术入路、体位、肿瘤切除程度、面神经监测技术等。对于健侧听力良好的患者,患侧面神经功能的保留应优先于听力保护,其中 RS 适用于大多数肿瘤尤其是大型肿瘤,TL 更适用于小型、局限于内听道内的肿瘤和老年患者。术中追求面神经功能保留应优先于完全切除肿瘤,对于与面神经明显黏附和大型肿瘤行部分切除后再行放射治疗,将会产生更好的临床结果[54]。术中应用面神经电生理监测能预防面神经损害,提高面神经的解剖和功能保存率,降低患者术后面瘫发生率,有效提高生活质量[7] [39] [66] [69]。面神经监测结果还有助于预测术后面神经功能[48] [76]。术中联合使用神经内镜有助于最大程度实现肿瘤切除,并减少面瘫等并发症的发生[51] [77],更适用于小型肿瘤。开发更灵敏、更及时的面神经监测方法和更微创、更安全的手术方式将是未来手术提升的关键。

综上,面神经功能保护是当前听神经瘤手术治疗的首要问题。肿瘤大小、手术方式、术中神经监测等因素影响患者的面神经功能。在围手术期可以采用多种措施改善患者术后的面神经功能。未来,医学影像学、神经电生理监测、人工智能技术等技术的发展将为患者治疗提供更多有益的支持。临床上研究新术式也将有助于改善患者术后的面神经功能。

参考文献

- [1] Smith, H.J., Durakovic, N., Patel, B., *et al.* (2021) Clinical Staging to Estimate the Probability of Severe Postoperative Complications in Patients with Vestibular Schwannoma. *JAMA Otolaryngology: Head & Neck Surgery*, **147**, 991-998. <https://doi.org/10.1001/jamaoto.2021.2626>
- [2] Kim, K.H., Cho, Y.S., Seol, H.J., *et al.* (2021) Comparison between Retrosigmoid and Translabyrinthine Approaches for Large Vestibular Schwannoma: Focus on Cerebellar Injury and Morbidities. *Neurosurgical Review*, **44**, 351-361. <https://doi.org/10.1007/s10143-019-01213-1>
- [3] Kohlberg, G.D., Lipschitz, N., Raghavan, A.M., *et al.* (2021) Middle Cranial Fossa Approach to Vestibular Schwannoma Resection in the Older Patient Population. *Otology & Neurotology*, **42**, e75-e81. <https://doi.org/10.1097/MAO.0000000000002881>
- [4] Sabab, A., Sandhu, J., Bacchi, S., *et al.* (2018) Postoperative Headache Following Treatment of Vestibular Schwannoma: A Literature Review. *Journal of Clinical Neuroscience*, **52**, 26-31. <https://doi.org/10.1016/j.jocn.2018.04.003>
- [5] 钟平. 前庭神经瘤的手术治疗进展及多学科协作前景展望[J]. 临床外科杂志, 2021, 29(10): 906-909.
- [6] Pattankar, S., Churi, O. and Misra, B.K. (2021) Quality of Life in Patients of Unilateral Vestibular Schwannoma Treated with Microsurgery: A South-Asian Tertiary Care Hospital Experience. *Journal of Clinical Neuroscience*, **89**, 264-270. <https://doi.org/10.1016/j.jocn.2021.04.034>
- [7] Mastronardi, L., Campione, A., Boccacci, F., *et al.* (2021) Koos Grade IV Vestibular Schwannomas: Considerations on a Consecutive Series of 60 Cases-Searching for the Balance between Preservation of Function and Maximal Tumor Removal. *Neurosurgical Review*, **44**, 3349-3358. <https://doi.org/10.1007/s10143-021-01501-9>
- [8] De Boer, N.P., Bhrringer, S., Koot, R.W., *et al.* (2022) A Prediction Model for Recurrence after Translabyrinthine Surgery for Vestibular Schwannoma: Toward Personalized Postoperative Surveillance. *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology*, **279**, 2905-2913. <https://doi.org/10.1007/s00405-021-07244-z>
- [9] 吴皓, 汪照炎. 听神经瘤临床研究新进展[J]. 中华耳科学杂志, 2019, 17(3): 334-338.

- [10] Mastronardi, L., Cacciotti, G., Roperto, R., *et al.* (2016) Position and Course of Facial Nerve and Postoperative Facial Nerve Results in Vestibular Schwannoma Microsurgery. *World Neurosurgery*, **94**, 174-180. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2016.06.107>
- [11] Schipmann, S., Lohmann, S., Al Barim, B., *et al.* (2022) Applicability of Contemporary Quality Indicators in Vestibular Surgery-Do They Accurately Measure Tumor Inherent Postoperative Complications of Vestibular Schwannomas? *Acta Neurochirurgica*, **164**, 359-372. <https://doi.org/10.1007/s00701-021-05044-2>
- [12] Kutz, J.J., Tan, D., Hunter, J.B., *et al.* (2023) Management of Complications in Vestibular Schwannoma Surgery. *Otolaryngologic Clinics of North America*, **56**, 567-576. <https://doi.org/10.1016/j.otc.2023.02.015>
- [13] Torres, R., Nguyen, Y., Vanier, A., *et al.* (2017) Multivariate Analysis of Factors Influencing Facial Nerve Outcome Following Microsurgical Resection of Vestibular Schwannoma. *Otolaryngology: Head and Neck Surgery*, **156**, 525-533. <https://doi.org/10.1177/0194599816677711>
- [14] Nejo, T., Kohno, M., Nagata, O., *et al.* (2016) Dorsal Displacement of the Facial Nerve in Acoustic Neuroma Surgery: Clinical Features and Surgical Outcomes of 21 Consecutive Dorsal Pattern Cases. *Neurosurgical Review*, **39**, 277-288. <https://doi.org/10.1007/s10143-015-0681-8>
- [15] Nakamizo, A., Amano, T., Mizoguchi, M., *et al.* (2013) Dorsal Location of the Cochlear Nerve on Vestibular Schwannoma: Preoperative Evaluation, Frequency, and Functional Outcome. *Neurosurgical Review*, **36**, 39-44. <https://doi.org/10.1007/s10143-012-0400-7>
- [16] Bae, C.W., Cho, Y.H., Hong, S.H., *et al.* (2007) The Anatomical Location and Course of the Facial Nerve in Vestibular Schwannomas: A Study of 163 Surgically Treated Cases. *Journal of Korean Neurosurgical Society*, **42**, 450-454. <https://doi.org/10.3340/jkns.2007.42.6.450>
- [17] Mastronardi, L., Campione, A., Cacciotti, G., *et al.* (2022) Microsurgical Treatment of Symptomatic Vestibular Schwannomas in Patients under 40: Different Results Before and after Age of 30. *Neurosurgical Review*, **45**, 873-882. <https://doi.org/10.1007/s10143-021-01603-4>
- [18] Tucker, D.W., Gogia, A.S., Donoho, D.A., *et al.* (2019) Long-Term Tumor Control Rates Following Gamma Knife Radiosurgery for Acoustic Neuroma. *World Neurosurgery*, **122**, 366-371. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2018.11.009>
- [19] Morselli, C., Boari, N., Artico, M., *et al.* (2021) the Emerging Role of Hearing Loss Rehabilitation in Patients with Vestibular Schwannoma Treated with Gamma Knife Radiosurgery: Literature Review. *Neurosurgical Review*, **44**, 223-238. <https://doi.org/10.1007/s10143-020-01257-8>
- [20] Wu, C., Chen, C., Cheng, P., *et al.* (2019) Acute Sensorineural Hearing Loss in Patients with Vestibular Schwannoma Early after Cyberknife Radiosurgery. *Journal of the Neurological Sciences*, **399**, 30-35. <https://doi.org/10.1016/j.jns.2019.02.008>
- [21] Roosli, C., Linthicum, F.J., Cureoglu, S., *et al.* (2012) What Is the Site of Origin of Cochleovestibular Schwannomas? *Audiology and Neurotology*, **17**, 121-125. <https://doi.org/10.1159/000331394>
- [22] Sampath, P., Rini, D. and Long, D.M. (2000) Microanatomical Variations in the Cerebellopontine Angle Associated with Vestibular Schwannomas (Acoustic Neuromas): A Retrospective Study of 1006 Consecutive Cases. *Journal of Neurosurgery*, **92**, 70-78. <https://doi.org/10.3171/jns.2000.92.1.0070>
- [23] Mastronardi, L., Gazzeri, R., Barbieri, F.R., *et al.* (2020) Postoperative Functional Preservation of Facial Nerve in Cystic Vestibular Schwannoma. *World Neurosurgery*, **143**, e36-e43. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2020.04.018>
- [24] Zhang, Y., Ge, H., Xu, M., *et al.* (2023) Significance of Preoperative Nerve Reconstruction Using Diffusion Tensor Imaging Tractography for Facial Nerve Protection in Vestibular Schwannoma. *Journal of Korean Neurosurgical Society*, **66**, 183-189. <https://doi.org/10.3340/jkns.2022.0134>
- [25] Suero, M.E., Van Eck, A., Sauerland, C., *et al.* (2019) Local Tumor Control and Clinical Symptoms after γ Knife Radiosurgery for Residual and Recurrent Vestibular Schwannomas. *World Neurosurgery*, **122**, e1240-e1246. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2018.11.022>
- [26] Jia, X.H., Gao, Z., Lin, N.E., *et al.* (2023) Delayed Facial Nerve Paralysis after Vestibular Schwannoma Resection. *World Neurosurgery*, **170**, e431-e435. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2022.11.036>
- [27] Anaizi, A.N., DiNapoli, V.V., Pensak, M., *et al.* (2016) Small Vestibular Schwannomas: Does Surgery Remain a Viable Treatment Option? *Journal of Neurological Surgery Part B*, **77**, 212-218. <https://doi.org/10.1055/s-0035-1564591>
- [28] Taha, I., Hyvärinen, A., Ranta, A., *et al.* (2020) Facial Nerve Function and Hearing after Microsurgical Removal of Sporadic Vestibular Schwannomas in a Population-Based Cohort. *Acta Neurochirurgica*, **162**, 43-54. <https://doi.org/10.1007/s00701-019-04055-4>
- [29] De Boer, N.P., Koot, R.W., Jansen, J.C., *et al.* (2021) Prognostic Factors for the Outcome of Translabrynthine Surgery for Vestibular Schwannomas. *Otology & Neurotology*, **42**, 475-482. <https://doi.org/10.1097/MAO.0000000000002980>
- [30] 杨吉鹏, 邱翔, 刘英辉. 3DSlicer 软件弥散张量成像纤维束追踪技术在听神经瘤手术中的应用[J]. 脑与神经疾病

- 杂志, 2021, 29(6): 346-351.
- [31] 袁钰晓, 崔亚辉. 弥散张量成像技术对听神经瘤切除术患者面神经损伤的影响[J]. 中国耳鼻咽喉头颈外科, 2019, 26(9): 507-508.
 - [32] 徐力, 殷义明, 柳荫. 术前弥散张量成像重建联合术中面听神经电生理监测对听神经瘤后面神经保护作用的研究[J]. 中国现代医学杂志, 2022, 32(17): 8-13.
 - [33] Fujita, Y., Uozumi, Y., Sasayama, T., *et al.* (2023) Presence of a Fundal Fluid Cap on Preoperative Magnetic Resonance Imaging May Predict Long-Term Facial Nerve Function after Resection of Vestibular Schwannoma *via* the Retrosigmoid Approach. *Journal of Neurosurgery*, **138**, 972-980. <https://doi.org/10.3171/2022.8.JNS221516>
 - [34] Strauss, C., Ramm, S., Scheller, C., *et al.* (2022) Volumetry and Surgical Grading Systems for Vestibular Schwannoma Size Assessment and Their Relationship to Postoperative Facial Nerve Function. *Journal of Neurological Surgery Part A*, **83**, 39-45. <https://doi.org/10.1055/s-0041-1725951>
 - [35] Zhou, W., Wang, Y., Ma, S., *et al.* (2021) A Novel Imaging Grading Biomarker for Predicting Hearing Loss in Acoustic Neuromas. *ical Neuroradiology*, **31**, 599-610. <https://doi.org/10.1007/s00062-020-00938-7>
 - [36] Wang, M.Y., Jia, C.G., Xu, H.Q., *et al.* (2023) , Development and Validation of a Deep Learning Predictive Model Combining Clinical and Radiomic Features for Short-Term Postoperative Facial Nerve Function in Acoustic Neuroma Patients. *Current Medical Science*, **43**, 336-343. <https://doi.org/10.1007/s11596-023-2713-x>
 - [37] Zhang, Z., Zheng, X., Zhang, D., *et al.* (2022) Vestibular Schwannomas in Young Patients: A 12-Year Experience in a Single Center. *World Neurosurgery*, **158**, e166-e178. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2021.10.145>
 - [38] Luryi, A.L., Babu, S., Bojrab, D.I., *et al.* (2021) Surgical Outcomes after Conservative Resection of Vestibular Schwannoma in the Elderly. *Otology & Neurotology*, **42**, e1358-e1361. <https://doi.org/10.1097/MAO.0000000000003251>
 - [39] Elsayed, M., Jia, H., Hochet, B., *et al.* (2021) Intraoperative Facial Nerve Electromyography Parameters to Optimize Postoperative Facial Nerve Outcome in Patients with Large Unilateral Vestibular Schwannoma. *Acta Neurochirurgica*, **163**, 2209-2217. <https://doi.org/10.1007/s00701-021-04814-2>
 - [40] Grinblat, G., Dandinarsaiah, M., Braverman, I., *et al.* (2021) Large and Giant Vestibular Schwannomas: Overall Outcomes and the Factors Influencing Facial Nerve Function. *Neurosurgical Review*, **44**, 2119-2131. <https://doi.org/10.1007/s10143-020-01380-6>
 - [41] Zanoletti, E., Mazzoni, A., Chiumenti, F.A., *et al.* (2022) Early Translabyrinthine Surgery for Small- and Medium-Sized Vestibular Schwannomas: Consecutive Cohort Analysis of Outcomes. *Otology & Neurotology*, **43**, 962-967. <https://doi.org/10.1097/MAO.0000000000003608>
 - [42] Tawfik, K.O., Coulter, M., Alexander, T.H., *et al.* (2021) Delayed Facial Palsy after Resection of Vestibular Schwannoma: An Analysis of Long-Term Facial Nerve Outcomes. *Otology & Neurotology*, **42**, e764-e770. <https://doi.org/10.1097/MAO.0000000000003158>
 - [43] 董李, 张军. 10 年单中心听神经瘤患者手术治疗回顾性研究[J]. 中华耳科学杂志, 2020, 18(1): 20-24.
 - [44] Wach, J., Brandecker, S., Güresir, A., *et al.* (2020) The Impact of the MIB-1 Index on Facial Nerve Outcomes in Vestibular Schwannoma Surgery. *Acta Neurochirurgica*, **162**, 1205-1213. <https://doi.org/10.1007/s00701-020-04283-z>
 - [45] Bozorg, G.A., Ferrary, E., Tubach, F., *et al.* (2015) Effect of Corticosteroids on Facial Function after Cerebellopontine Angle Tumor Removal: A Double-Blind Study versus Placebo. *Audiology and Neurotology*, **20**, 213-221. <https://doi.org/10.1159/000370191>
 - [46] Nasrollahi, T.S., Shahrestani, S., Borrelli, M., *et al.* (2022) Analysis of Readmissions Data among Frail and Non-Frail Patients Presenting for Acoustic Neuroma. *Journal of Clinical Neuroscience*, **99**, 82-88. <https://doi.org/10.1016/j.jocn.2022.03.013>
 - [47] Tang, O.Y., Bajaj, A.I., Zhao, K., *et al.* (2022) Association of Patient Frailty with Vestibular Schwannoma Resection Outcomes and Machine Learning Development of a Vestibular Schwannoma Risk Stratification Score. *Neurosurgery*, **91**, 312-321. <https://doi.org/10.1227/neu.0000000000001998>
 - [48] Gazia, F., Callejo, À., Pérez-Grau, M., *et al.* (2023) Pre- and Intra-Operative Prognostic Factors of Facial Nerve Function in Cerebellopontine Angle Surgery. *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology*, **280**, 1055-1062. <https://doi.org/10.1007/s00405-022-07556-8>
 - [49] Killeen, D.E., Barnett, S.L., Mickey, B.E., *et al.* (2021) The Association of Vestibular Schwannoma Volume with Facial Nerve Outcomes after Surgical Resection. *Laryngoscope*, **131**, E1328-E1334. <https://doi.org/10.1002/lary.29141>
 - [50] Ansari, S.F., Terry, C. and Cohen-Gadol, A.A. (2012) Surgery for Vestibular Schwannomas: A Systematic Review of Complications by Approach. *Neurosurgical Focus*, **33**, E14. <https://doi.org/10.3171/2012.6.FOCUS12163>
 - [51] Corrivetti, F., Cacciotti, G., Scavo, C.G., *et al.* (2021) Flexible Endoscopic Assistance in the Surgical Management of

- Vestibular Schwannomas. *Neurosurgical Review*, **44**, 363-371. <https://doi.org/10.1007/s10143-019-01195-0>
- [52] Jia, X.H., Gao, Z., Yuan, Y.S. and Zhao, W.D. (2022) Resection of Vestibular Schwannoma through Middle Cranial Fossa Approach with Endoscopic Assistance. *World Neurosurgery*, **158**, e225-e230. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2021.10.166>
- [53] Scheller, C., Rampp, S., Tatagiba, M., *et al.* (2019) A Critical Comparison between the Semisitting and the Supine Positioning in Vestibular Schwannoma Surgery: Subgroup Analysis of A Randomized, Multicenter Trial. *Journal of Neurosurgery*, **133**, 1-8. <https://doi.org/10.3171/2019.1.JNS181784>
- [54] Daniel, R.T., Tuleasca, C., George, M., *et al.* (2017) Preserving Normal Facial Nerve Function and Improving Hearing Outcome in Large Vestibular Schwannomas with a Combined Approach: Planned Subtotal Resection Followed by Gamma Knife Radiosurgery. *Acta Neurochirurgica*, **159**, 1197-1211. <https://doi.org/10.1007/s00701-017-3194-0>
- [55] Sacchetto, L., Fabbris, C., Romito, S., *et al.* (2021) Facial Nerve Neurophysiologic Assessment in Vestibular Schwannoma Removal with Transcanal Approach: A Pilot Clinical Study. *World Neurosurgery*, **146**, e568-e574. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2020.10.139>
- [56] Lucas, J.C., Fan, C.J., Jacob, J.T. and Babu, S.C. (2023) Retrosigmoid Approach for Sporadic Vestibular Schwannoma: Patient Selection, Technical Pearls, and Hearing Results. *Otolaryngologic Clinics of North America*, **56**, 509-520. <https://doi.org/10.1016/j.otc.2023.02.010>
- [57] 王正敏. 听神经瘤的手术治疗及并发症[耳显微外科 2007 版(五十三)] [J]. 中国眼耳鼻喉科杂志, 2016, 16(4): 300-302.
- [58] 袁贤瑞. 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[J]. 中国耳鼻咽喉颅底外科杂志, 2016, 22(6): 425-429, 433.
- [59] 吴波. 大型听神经瘤显微手术治疗策略的思考[J]. 华西医学, 2018, 33(6): 660-664.
- [60] 徐冠华, 王彬彬, 徐雷. 听神经瘤术后并发症的影响因素分析[J]. 临床神经外科杂志, 2020, 17(3): 327-330, 334.
- [61] 赵澎, 张鹏飞, 韩利江. 颅内听神经瘤手术治疗策略及并发症分析: 附 111 例病例回顾[J]. 中国微侵袭神经外科杂志, 2017, 22(9): 389-392.
- [62] 郝欣平, 陈树斌, 张家亮. 小听神经瘤的手术治疗策略[J]. 中国耳鼻咽喉头颈外科, 2017, 24(9): 449-452.
- [63] Ahsan, S., F., Huq, F., Seidman, M. and Taylor, A. (2017) Long-Term Hearing Preservation after Resection of Vestibular Schwannoma: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Otology & Neurotology*, **38**, 1505-1511. <https://doi.org/10.1097/MAO.0000000000001560>
- [64] Kashani, R.G., Kocharyan, A., Claussen, A.D., *et al.* (2023) Middle Cranial Fossa Approach for Sporadic Vestibular Schwannoma: Patient Selection, Technical Pearls, and Hearing Results. *Otolaryngologic Clinics of North America*, **56**, 495-507. <https://doi.org/10.1016/j.otc.2023.02.009>
- [65] Schackert, G., Ralle, S., Martin, K.D., *et al.* (2021) Vestibular Schwannoma Surgery: Outcome and Complications in Lateral Decubitus Position versus Semi-Sitting Position—A Personal Learning Curve in a Series of 544 Cases over 3 Decades. *World Neurosurgery*, **148**, e182-e191. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2020.12.107>
- [66] Jiang, C.Q., Wang, Z., Zhou, D., *et al.* (2021) Clinical Diagnosis and Treatment Analysis of 553 Cases of Acoustic Neuroma in a Single Center. *Chinese Medical Journal*, **101**, 2077-2080.
- [67] 陈曦, 蒋伟超, 孙金莉. 大型听神经瘤手术中面神经的保护研究[J]. 临床神经外科杂志, 2019, 16(4): 320-325.
- [68] 叶海雯, 梁茂金, 郑亿庆. 弥散张量成像(DTI)联合内镜技术在听神经瘤切除术中的面神经保护作用[J]. 中华耳科学杂志, 2018, 16(4): 548-552.
- [69] 胡锦涛, 尤灵通, 宋腾. 电生理监测在听神经瘤手术中的应用分析[J]. 中国现代医学杂志, 2014, 24(36): 86-90.
- [70] Prell, J., Scheller, C., Simmermacher, S., *et al.* (2021) Facial Nerve EMG: Low-Tech Monitoring with A Stopwatch. *Journal of Neurological Surgery Part A*, **82**, 308-316. <https://doi.org/10.1055/s-0040-1701616>
- [71] Seidel, K., Biner, M.S., Zubak, I., *et al.* (2020) Continuous Dynamic Mapping to Avoid Accidental Injury of the Facial Nerve During Surgery for Large Vestibular Schwannomas. *Neurosurgical Review*, **43**, 241-248. <https://doi.org/10.1007/s10143-018-1044-z>
- [72] Roessler, K., Krawagna, M., Bischoff, B., *et al.* (2016) Improved Postoperative Facial Nerve and Hearing Function in Retrosigmoid Vestibular Schwannoma Surgery Significantly Associated with Semisitting Position. *World Neurosurgery*, **87**, 290-297. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2015.11.089>
- [73] Song, G., Liu, D., Wu, X., *et al.* (2021) Outcomes after Semisitting and Lateral Positioning in Large Vestibular Schwannoma Surgery: A Single-Center Comparison. *Clinical Neurology and Neurosurgery*, **207**, Article ID: 106768. <https://doi.org/10.1016/j.clineuro.2021.106768>
- [74] Arambula, A.M., Wichova, H., Lucas, J.C., *et al.* (2023) Analysis of Imaging Results for Semisitting Compared with

-
- Supine Positioning in the Retrosigmoid Approach for Resection of Cerebellopontine Angle Vestibular Schwannomas. *Otology & Neurotology*, **44**, 266-272. <https://doi.org/10.1097/MAO.0000000000003814>
- [75] Cenzato, M., Stefani, R., Zenga, F., *et al.* (2021) Cerebellopontine Angle Surgery Assisted by Continuous Mapping of the Facial Nerve *via* the Ultrasonic Aspirator. *Journal of Neurological Surgery Part A*, **82**, 369-374. <https://doi.org/10.1055/s-0040-1709162>
- [76] Li, L., Wang, M.M., Han, G.S., *et al.* (2023) Application of Two Kinds of Electrophysiological Monitoring Techniques for the Prediction of Facial Nerve Outcomes after Vestibular Schwannoma Surgery. *Chinese Medical Journal*, **103**, 677-683.
- [77] Raza-Knight, S., Chiuta, S., Golash, A., *et al.* (2022) The Role of Endoscopy in the Resection of Sporadic Vestibular Schwannomas: A Systematic Review of Surgical Outcomes. *Otology & Neurotology*, **43**, 2-11. <https://doi.org/10.1097/MAO.0000000000003347>
- [78] 孙守家, 赵凯, 王俊文. 枕下乙状窦后入路锁孔手术切除听神经瘤[J]. 中国临床神经外科杂志, 2019, 24(2): 65-68.