

## 侧颅底外科的原则、技术与进展

高志强

中国医学科学院 北京协和医学院 北京协和医院耳鼻咽喉科, 北京 100730

电话: 010-69156301, E-mail: gzqent@163.com

**【摘要】**侧颅底外科的主要目的是在保证患者生命安全的基础上, 彻底切除肿瘤, 降低患者的死亡率, 提高患者的生活质量。遵循基本的外科治疗原则、掌握必要的手术技术是保证手术安全和治疗效果的重要前提。随着医疗水平的整体进步, 侧颅底外科进入了快速发展的新阶段, 同时也面临着新的机遇与挑战。本文主要介绍了侧颅底外科的基本原则和技术进展, 并对未来发展作出简要展望。

**【关键词】**侧颅底外科; 手术原则; 手术技术; 进展; 前景

**【中图分类号】** R76; R-1 **【文献标志码】** A **【文章编号】** 1674-9081(2021)06-0819-06

**DOI:** 10.12290/xhyxzz.2021-0575

### Principles, Techniques and Advances of the Lateral Skull Base Surgery

GAO Zhiqiang

Department of Otorhinolaryngology, Peking Union Medical College Hospital, Chinese Academy of Medical Sciences & Peking Union Medical College, Beijing 100730, China

Tel: 86-10-69156301, E-mail: gzqent@163.com

**【Abstract】** The primary goal of the lateral skull base surgery is to radically resect tumors, as well as to reduce mortality and improve quality of life, on the basis of guaranteeing life safety of patients. Following surgical principles and mastering necessary operative skills are essential to ensure the safety and therapeutic effects of the surgery. With the advances of medical science, the lateral skull base surgery has stepped into a new stage, encountering new opportunities as well as challenges. This article summarized the fundamental principles and techniques of lateral skull base surgery, and briefly looked forward to the future in this field.

**【Key words】** lateral skull base surgery; surgical principle; surgical technique; progress; prospect

**Funding:** National Multidisciplinary Cooperative Diagnosis and Treatment Capacity Building Project for Major Diseases

*Med J PUMCH*, 2021,12(6):819-824

颅底外科自 20 世纪 60 年代出现至 20 世纪 80 年代普及以来, 主要目标是彻底切除病变, 将疾病复发率和死亡率降至最低。遵循侧颅底外科的治疗原则、掌握必要的手术技术是保证治疗效果

和患者生命安全的基本要求。伴随着医疗水平的整体进步, 侧颅底外科体系变得更加系统和规范, 并出现了医工结合的新方向, 展开了多学科协作的新局面。

## 1 侧颅底外科的基本原则

侧颅底肿瘤以良性肿瘤为主, 约占 65%~75%, 主要包括多型性腺瘤、神经鞘瘤、副神经节瘤等<sup>[1]</sup>。良性肿瘤常呈膨胀性生长, 压迫、包裹或侵蚀周围组织, 严重可影响颅神经功能、压迫脑干、导致死亡。手术彻底切除良性肿瘤可达到治愈疾病的目的<sup>[2]</sup>。侧颅底常见的恶性肿瘤, 包括腺样囊性癌、未分化癌、神经内分泌癌、黑色素瘤、鳞状细胞癌等<sup>[3]</sup>, 肿瘤易侵袭周围组织, 转移至颈部淋巴结或其他组织器官(如肺、骨组织), 手术切除辅以放化疗是目前侧颅底恶性肿瘤最主要的治疗手段, 可延长患者的生存期<sup>[4-5]</sup>。无论良性或恶性侧颅底肿瘤, 彻底切除均是主要的治疗方法, 也是侧颅底外科最根本的目标。

遵循侧颅底外科的治疗原则, 是保证手术治疗安全、达到治疗同质化的基本要素。侧颅底外科的治疗原则主要包括: (1) 充分暴露: 通过去除骨质及软组织达到暴露肿瘤边缘的目的, 保证肿瘤得到彻底切除; 同时为操作预留足够的空间, 保证操作安全可靠。(2) 充分开放或去除气房、达到结构的轮廓化: 通气引流是颞骨区别于人体其他骨骼的最大特点, 在处理气房时应本着“充分开放”和“彻底去除”的原则, 避免病变气房残留或死腔形成; 对术区的“边界结构”, 如中颅窝脑板、窦脑膜角、颈内动脉等, 进行轮廓化以保证气房被完全去除。(3) 主张“彻底切除肿瘤”, 不推崇“减瘤术”: 原因之一是肿瘤生长仍会引起症状; 二是经过前次手术后, 术区瘢痕形成, 结构混乱, 再次手术的难度大大增加, 发生并发症的风险显著升高, 因此“减瘤手术”对患者并无益处。(4) 术中任何决策均应处理好“生命-病变-功能-外观”的辩证关系: 侧颅底手术的特点是结构复杂、手术风险高、易发生并发症, 在选择保留或牺牲结构和功能时, 应按照“保证患者生命安全、彻底切除病变、保留结构功能、改善外观”的重要性进行排序和取舍。

任何治疗原则都是历史经验的最好总结。在不同发展阶段, 由于器械、设备及医生认知水平的限制, 治疗原则可能会发生相应变化, 但不可否认的是, 在任何阶段, 遵循相应的手术原则都将最大程度地保证手术质量和患者的生命安全、改善患者的预后。

## 2 侧颅底外科中的结构及功能重建

对侧颅底重要结构及功能的保留和重建是当今侧颅底外科医生面临的新挑战。

### 2.1 颅内外血管重建

#### 2.1.1 颈内动脉重建

包绕颈内动脉(internal carotid artery, ICA)的肿瘤切除术是侧颅底外科中最复杂的手术之一<sup>[6]</sup>, 据报道, 与结扎或切除 ICA 相关的死亡率高达 8%~58%<sup>[7]</sup>。受手术设备及医生技术的限制, 在过去累及 ICA 的肿瘤常难以被彻底切除。这一情况在血管重建技术诞生后得以改变。1914 年 Carrel 开创了端-端吻合的血管重建术<sup>[8]</sup>; 1953 年 Conley 等<sup>[9]</sup>首次使用大隐静脉重建了颈部 ICA; 1971 年 Lougheed 等<sup>[10]</sup>完成了自颈总至颅内段 ICA 的重建手术; 1980 年 Fisch 等<sup>[11]</sup>报告了颈段至岩骨段 ICA 的重建技术; 1990 年 Spetzler 等<sup>[12]</sup>完成了岩骨段至床突上方 ICA 的重建。至此, 人们实现了在侧颅底区域进行颈段-颈段、颈段-岩骨段、岩骨段-颅内段、颈段-颅内段 ICA 的血管吻合及重建, 保证了对重要脑区的供血, 并给医生提供了更大的机会以完整切除肿瘤, 降低了肿瘤复发率, 提高了患者生存率。侧颅底外科体系中对于 ICA 的重建应作以下方面的考虑: (1) 术前评估: 目前的金标准是脑数字减影血管造影(digital subtraction angiography, DSA)结合球囊闭塞试验(balloon occlusion test, BOT), 但其假阴性率较高, 约为 30%<sup>[13-14]</sup>; 其他检测技术包括增强 CT、增强 MRI、CT 血管造影(CT angiography, CTA)及磁共振血管成像(magnetic resonance angiography, MRA)等, 可用于术前评估及术后随访。(2) 重建血管的方法及范围: 首选端-端吻合技术, 这是最大程度恢复 ICA 血流动力学的方法, 属于高流量血管重建(血流量 80~150 mL/min); 次选低流量动脉搭桥术(单支吻合血流量为 20~40 mL/min, 双支吻合血流量为 40~60 mL/min), 例如大脑中动脉-颈外动脉搭桥术。(3) 桥接血管的选择: 考虑到组织相融性、排异反应、管径及可用长度、术后是否需要长期用药, 对于桥接血管的选择顺序通常是自体静脉、自体动脉、人工血管。(4) 术中的应急处理: 对于小的血管破裂口, 可立即进行显微缝合; 对于较大的破裂口, 如血管重建条件已经具备应立即进行血管重建, 如不具备, 则立即置入覆膜支架进行修补。(5) 血管重建后的药物治疗: 自体血管重建后患者一般需要

进行一段时间的抗凝治疗,而人工血管及覆膜支架置入后,患者需终身服用抗凝药物以防止血管栓塞。(6)血管重建后并发症的处理:术后桥接血管发生栓塞是最严重的并发症之一,患者可能出现视力下降、肢体偏瘫等症状,CTA、MRA或DSA可明确显示闭塞位置;最有效的治疗方法是立即行取栓术,但该方法存在血管吻合口破裂、大出血、血管痉挛、血栓形成、血管再次闭塞的风险;其次为抗凝治疗,但治疗效果并不稳定。

综上所述,肿瘤累及ICA已不再是侧颅底外科的禁忌证,ICA重建技术是侧颅底外科体系中的重要部分,但目前该技术仍存在术前评估不准确、血管重建水平参差不齐、围术期出血或血栓形成等诸多问题有待解决。

### 2.1.2 静脉血管重建

在侧颅底手术中,受累的颈内静脉通常被结扎并切除。但对于累及双侧或优势侧颈内静脉的患者,结扎颈内静脉可能引发脑水肿、脑血管疾病、喉水肿、失明等严重并发症,甚至死亡。颅内静脉窦重建或搭桥术最早应用于颅内肿瘤、外伤或颅内高压的手术治疗中,桥接血管包括大隐静脉、颈外静脉、面静脉、人工血管等<sup>[15-18]</sup>。目前这项技术在侧颅底外科中并未普及。1973年Weingarten等<sup>[19]</sup>首次提出对颈内静脉进行端-端吻合,随后Katsuno和Kamizono等<sup>[20-21]</sup>进一步将颈段颈内静脉的重建技术分为4种类型。1980年Sindou等<sup>[22]</sup>描述了1例通过颅内外搭桥治疗耳源性横窦血栓致顽固性高颅压的手术,术中采用大隐静脉在横窦与颈外静脉之间进行搭桥,术后第10天血管造影显示桥接血管通畅。1981年Hitchcock等<sup>[23]</sup>也报告了1例在耳源性横窦血栓手术中进行从横窦到面总静脉的搭桥术,4个月后复查桥接血管仍然通畅。1997年Sekhar等<sup>[24]</sup>报道了2例在切除颈静脉孔区副神经节瘤术中进行乙状窦-颈内静脉搭桥病例,但未报道术后具体随访时间及搭桥血管的开放情况。颅内外静脉系统重建的失败率远高于动脉,有报道称采用人工血管闭塞率为100%,大隐静脉为27.3%<sup>[25]</sup>。防止术后血管闭塞是颅内外静脉系统重建的最大难点,而该难点在侧颅底手术中更加明显,其原因在于静脉血流缓慢、桥接血管较长、术后易出现血栓;为减少术后出血、脑脊液漏的风险,术区常需要填塞软组织或转皮瓣修复并加压包扎,进一步增加了桥接血管的外界压力,影响静脉血流,导致桥接血管闭塞。此外,术前评估方法、术中监测技术、围术期管理(包括抗凝治疗、血压控制、颅压控制等)及术后随

访也是目前亟待解决和克服的问题。

## 2.2 缺损组织及功能修复重建

侧颅底缺损重建包括以下方面:脑膜缺损、皮肤缺损、耳廓缺损、软组织体积缺损及下颌骨缺损、面神经功能缺损<sup>[26]</sup>。脑膜缺损、皮肤缺损是严重影响患者术后康复、需要一期修复的缺损;面神经功能的缺损应视重建条件,可一期或二期进行修复;其他次要的组织或功能缺损(如下颌关节和咬合功能)以及影响美观的缺损,目前选择二期修复或不修复。

### 2.2.1 脑膜

在颅底外科开展之初,脑脊液漏的发生率高达50%<sup>[27]</sup>,随着外科技术的提高、组织工程学的发展以及软组织填塞、带蒂组织瓣的配合使用,如今颅底术后脑脊液漏的发生率已明显下降。Perry等<sup>[28]</sup>基于2918例患者的研究发现,中颅底术后脑脊液漏的发生率为1.3%,后颅底为2.5%。脑膜的修补材料可以选择自体材料,如颞肌筋膜、阔筋膜、帽状筋膜等,或人工材料,如涤纶片、生物材料(如牛心包、猪心包源)或高分子合成的可吸收人工硬脑膜等。修补的原则是将修补材料与周围脑膜水密缝合,并对术腔进行封闭和填塞,术区加压包扎,术后患者需平卧并给予适当镇咳治疗。在某些难以提供足够正常脑膜边界的复杂区域(如内听道开口),可先附盖修补材料,外侧填塞脂肪和肌肉,延长术后术区加压包扎的时间。

### 2.2.2 皮肤/软组织

绝大多数侧颅底手术的术区会产生较大的腔隙,需要进行术腔填塞和封闭。常用的材料包括腹部、腿部脂肪及带蒂肌肉瓣。脂肪组织虽然在术后有一定程度的吸收,但足量的情况下仍可在术区成活,成为较好的填塞物。带蒂肌肉瓣也是侧颅底外科术中常用的填塞、修补材料,包括颞肌瓣、胸锁乳突肌瓣和耳后枕部皮下肌组织瓣,其可填塞感染的术腔或覆盖在脂肪表层,起到固定脂肪和为皮肤及脂肪提供血运的作用。

对于较小的皮肤缺损可通过松解皮下组织、对位缝合皮肤来修补;而较大的皮肤缺损则需要制作皮瓣进行修复。常用的皮瓣包括游离股前外侧皮瓣、胸大肌皮瓣、颈浅动脉皮瓣、锁骨上皮瓣等<sup>[29]</sup>。游离股前外侧皮瓣的体积可以满足大部分侧颅底手术的需要,且能够提供筋膜和神经满足其他结构的重建需求;其供区隐蔽,对肢体运动影响较小,是侧颅底外科修补皮肤缺损的首选材料<sup>[30]</sup>。



胸大肌皮瓣的优点在于其体量大、带肌肉、供血血管位置稳定、供血量丰富、抗感染能力强,但其较肥厚、术后供区不美观,且有影响肩部运动的风险<sup>[30]</sup>。颈浅动脉皮瓣及锁骨上皮瓣均为颈横动脉分支供血的带蒂皮肤,可以用来修复面颈部、枕部的皮肤缺损<sup>[31]</sup>。选择皮瓣时需考虑皮肤缺损的大小、位置、受区组织缺损程度、是否存在感染、供区及受区的血管条件等综合情况,术前做好皮瓣设计,并在术中合理预留操作空间。

### 2.2.3 面神经

面神经重建是改善患者术后面部外观的重要手段,主要包括面神经端-端吻合术、面神经桥接术和面神经转位术。端-端吻合术的效果最佳,但需要获得足够的面神经游离端以保证吻合口无张力缝合;面神经桥接术作为次选,桥接血管首选耳大神经(最长可取10 cm)和腓肠神经(最长可取40 cm);若面神经缺损较广,可选择面神经转位术,包括面神经-舌下神经吻合术、面神经-咬肌神经吻合术,但这会牺牲相应神经的功能。面神经重建应争取早期进行,以免肌肉和神经萎缩,有研究发现2年后神经末梢、运动终板及肌肉将出现纤维化并失去功能<sup>[32]</sup>。当面瘫时间超过2年或面神经远端无法重建时,可选择带神经血管蒂的肌肉移植术。面神经重建的效果除取决于患者自身的客观条件外,与面神经的损伤程度、性质、患者年龄、面瘫时间以及手术医生的技术和经验均密切相关。

## 3 侧颅底外科的进展

### 3.1 侧颅底肿瘤的非手术治疗

如何处理手术无法切除、多发病灶、复发及转移的恶性肿瘤是侧颅底外科面临的非常棘手的问题。近年来,新的放疗和药物治疗方法在头颈部恶性肿瘤治疗中进行了初步尝试,其获得的初步成果给复杂侧颅底恶性肿瘤患者带来了新的希望。粒子束放疗技术(包括质子、氦和碳离子)相较于常规光子放疗具有放射剂量更集中、对周围正常组织损伤小、对某些肿瘤更敏感的优点<sup>[33-35]</sup>,研究发现,其可用来治疗无法切除或复发的颅底肿瘤,包括肉瘤、脑膜瘤、腺样囊性癌等<sup>[36-38]</sup>。免疫治疗是近年来肿瘤治疗药物的研究热点之一,程序性死亡[蛋白]-1(programmed death-1, PD-1)及其配体抑制剂通过激活自身T细胞,增强患者自身的免疫反应杀伤肿瘤细胞;2019年Pembrolizumab(抗PD-1单克隆抗

体)已被美国食品药品监督管理局(Food and Drug Association, FDA)和欧洲药品管理局(European Medicines Agency, EMA)批准作为头颈部复发或转移鳞状细胞癌的一线治疗药物<sup>[39-40]</sup>。目前用于头颈部恶性肿瘤的分子靶向治疗药物主要针对表皮生长因子受体及血管内皮细胞生长因子受体;Cetuximab作为代表药物,于2004年和2006年分别获得EMA和FDA批准用于治疗头颈部鳞癌<sup>[41]</sup>。新型放疗及药物治疗在侧颅底肿瘤中的疗效报道有限,效果仍不明确,目前仍不能替代手术治疗在侧颅底肿瘤治疗中的位置,但放疗及药物治疗可能作为诱导或补充治疗手段,提高侧颅底外科的总体治疗效果,是非常重要的且有前景的研究方向。

### 3.2 多学科协作

多学科协作在侧颅底外科的发展中越来越重要,其在患者的管理、疾病诊治的各个阶段(包括诊断、治疗计划的制订、治疗的实施)以及制订疾病的诊疗流程、指南等方面体现着特殊的优势和必要性。未来的侧颅底外科中心将发展为一个包括耳鼻喉科、神经外科、血管外科、介入科、骨科、肿瘤科、麻醉科、颅底重症监护室、放射科、康复科等学科的集合体,对每种疾病、每个个体在围术期以及长期随访中提供个性化诊疗和服务,以提高侧颅底疾病的整体治疗水平。

### 3.3 侧颅底外科新技术及医工结合

手术显微镜的出现是侧颅底外科发生、发展的基础。内镜系统将视野进一步向前延伸和放大,弥补了显微镜的视野盲区,一定程度上减少了去除或提拉组织的需要。近年来,3-CCD高清(1080p)和4K技术进一步提高了图像的放大倍数和清晰度,3D耳内镜也在突破管径的限制后诞生。手术机器人在切除口咽部恶性肿瘤、人工耳蜗植入等耳鼻喉科手术中已进行了初步尝试<sup>[42-44]</sup>,未来也有望在侧颅底外科技术中得到应用和发展。术中导航系统的应用有助于在侧颅底手术中实时显示肿瘤与重要结构的位置,提高操作的准确度和安全性<sup>[45]</sup>。新技术的发展将给侧颅底外科体系带来新一轮的变革。

医工结合是医学与理工科学交叉融合、协同创新和发展的新方向,是现代医学的重要推动力。在国家相关政策的支持下,我国产生了依托于大型综合性医院、研究所和转化医学研究中心的产业化医工结合模式,培养了一批具有理工科和生命科学背景的交叉型人才。医工结合为侧颅底外科的发展带来了新的前景和机遇,未来将在信号显示系统、信号处理系统、生

物替代材料、肿瘤的非手术治疗、自动化和智能化设备研发等领域全面开花。

4 小结

侧颅底外科体系已在数十年的发展中日臻规范化和系统化。但随着人们对生活质量的要求越来越高，侧颅底外科也迎来了新的机遇和挑战。这些机遇和挑战，要求新一代从事侧颅底外科事业的临床学者们必须在遵循基本的学科准则和规范下，对其不断修正，并积极探索复杂、疑难疾病的诊治方法，努力解决和攻克现今存在的技术难题，以促进侧颅底外科更快更好地发展！

利益冲突：无

参 考 文 献

[1] Kong J, Yang HY, Wang YF, et al. Surgical management and follow-up of lateral skull base tumors: An 8-year review [J]. *Mol Clin Oncol*, 2017, 6: 214-220.

[2] Zanoletti E, Mazzoni A, Martini A, et al. Surgery of the lateral skull base: a 50-year endeavour [J]. *Acta Otorhinolaryngol Ital*, 2019, 39: S1-S146.

[3] Shah JP, Bilsky MH, Patel SG. Malignant tumors of the skull base [J]. *Neurosurg Focus*, 2002, 13: e6.

[4] Moore MG, Deschler DG, McKenna MJ, et al. Management outcomes following lateral temporal bone resection for ear and temporal bone malignancies [J]. *Otolaryngol Head Neck Surg*, 2007, 137: 893-898.

[5] Mehta GU, Muelleman TJ, Brackmann DE, et al. Temporal bone resection for lateral skull-base malignancies [J]. *J Neurooncol*, 2020, 150: 437-444.

[6] Patel SJ, Sekhar LN, Cass SP, et al. Combined approaches for resection of extensive glomus jugulare tumors. A review of 12 cases [J]. *J Neurosurg*, 1994, 80: 1026-1038.

[7] Maves MD, Bruns MD, Keenan MJ. Carotid artery resection for head and neck cancer [J]. *Ann Otol Rhinol Laryngol*, 1992, 101: 778-781.

[8] Carrel A. Landmark article, Nov 14, 1908: Results of the transplantation of blood vessels, organs and limbs. By Alexis Carrel [J]. *JAMA*, 1983, 250: 944-953.

[9] Conley JJ. Free autogenous vein graft to the internal and common carotid arteries in the treatment of tumors of the neck [J]. *Ann Surg*, 1953, 137: 205-214.

[10] Loughheed WM, Marshall BM, Hunter M, et al. Common ca-

rotid to intracranial internal carotid bypass venous graft. Technical note [J]. *J Neurosurg*, 1971, 34: 114-118.

[11] Fisch UP, Oldring DJ, Senning A. Surgical therapy of internal carotid artery lesions of the skull base and temporal bone [J]. *Otolaryngol Head Neck Surg* (1979), 1980, 88: 548-554.

[12] Spetzler RF, Fukushima T, Martin N, et al. Petrous carotid-to-intradural carotid saphenous vein graft for intracavernous giant aneurysm, tumor, and occlusive cerebrovascular disease [J]. *J Neurosurg*, 1990, 73: 496-501.

[13] Standard SC, Ahuja A, Guterman LR, et al. Balloon test occlusion of the internal carotid artery with hypotensive challenge [J]. *AJNR Am J Neuroradiol*, 1995, 16: 1453-1458.

[14] de Vries EJ, Sekhar LN, Horton JA, et al. A new method to predict safe resection of the internal carotid artery [J]. *Laryngoscope*, 1990, 100: 85-88.

[15] Higgins JN, Owler BK, Cousins C, et al. Venous sinus stenting for refractory benign intracranial hypertension [J]. *Lancet*, 2002, 359: 228-230.

[16] Dinkin MJ, Patsalides A. Venous Sinus Stenting for Idiopathic Intracranial Hypertension: Where Are We Now? [J]. *Neurol Clin*, 2017, 35: 59-81.

[17] Sattur MG, Genovese EA, Weber A, et al. Superior sagittal sinus-to-internal jugular vein bypass shunt with covered stent construct for intractable intracranial hypertension resulting from iatrogenic supratentorial sinus occlusion: technical note [J]. *Acta Neurochir (Wien)*, 2021, 163: 2351-2357.

[18] Niwa J, Ohtaki M, Morimoto S, et al. Reconstruction of the venous outflow using a vein graft in dural arteriovenous malformation associated with sinus occlusion [J]. *No Shinkei Geka*, 1988, 16: 1273-1280.

[19] Weingarten CZ. Simultaneous bilateral radical neck dissection. Preservation of the external jugular vein [J]. *Arch Otolaryngol*, 1973, 97: 309-311.

[20] Katsuno S, Ishiyama T, Nezu K, et al. Three types of internal jugular vein reconstruction in bilateral radical neck dissection [J]. *Laryngoscope*, 2000, 110: 1578-1580.

[21] Kamizono K, Ejima M, Taura M, et al. Internal jugular vein reconstruction: application of conventional type A and novel type K methods [J]. *J Laryngol Otol*, 2011, 125: 643-648.

[22] Sindou M, Mercier P, Bokor J, et al. Bilateral thrombosis of the transverse sinuses: microsurgical revascularization with venous bypass [J]. *Surg Neurol*, 1980, 13: 215-220.

[23] Hitchcock ER, Cowie RA. Sino-jugular venous graft in otitic hydrocephalus [J]. *Acta Neurochir (Wien)*, 1981, 59: 187-193.

- [24] Sekhar LN, Tzortzidis FN, Bejjani GK, et al. Saphenous vein graft bypass of the sigmoid sinus and jugular bulb during the removal of glomus jugulare tumors. Report of two cases [J]. *J Neurosurg*, 1997, 86: 1036-1041.
- [25] Sindou MP, Alvernia JE. Results of attempted radical tumor removal and venous repair in 100 consecutive meningiomas involving the major dural sinuses [J]. *J Neurosurg*, 2006, 105: 514-525.
- [26] Homer JJ, Lesser T, Moffat D, et al. Management of lateral skull base cancer: United Kingdom National Multidisciplinary Guidelines [J]. *J Laryngol Otol*, 2016, 130: S119-S124.
- [27] Ketcham AS, Hoyer RC, Van Buren JM, et al. Complications of intracranial facial resection for tumors of the paranasal sinuses [J]. *Am J Surg*, 1966, 112: 591-596.
- [28] Perry A, Kerezoudis P, Graffeo CS, et al. Little Insights from Big Data: Cerebrospinal Fluid Leak After Skull Base Surgery and the Limitations of Database Research [J]. *World Neurosurg*, 2019, 127: e561-e569.
- [29] 孙坚, 沈毅, 李军, 等. 颅颌面联合切除术后缺损的分类和修复重建 [J]. *中华显微外科杂志*, 2014, 37: 421-426.
- Sun J, Shen Y, Li J. Classification and reconstruction of the defects after combined cranio-maxillo-facial resection [J]. *Zhonghua Xianwei Waikē Zazhi*, 2014, 37: 421-426.
- [30] 蔡旭, 喻建军, 李赞, 等. 游离股前外侧皮瓣与改良胸大肌皮瓣在修复头颈肿瘤术后缺损中的选择与改进 [J]. *中华整形外科杂志*, 2020, 36: 284-288.
- Cai X, Yu JJ, Li Z, et al. Selections and improvements in reconstruction of defects after head and neck tumor resection with anterolateral thigh free flap or modified pectoralis major myocutaneous flap [J]. *Zhonghua Zhengxing Waikē Zazhi*, 2020, 36: 284-288.
- [31] 段维轶, 李瑞武, 徐中飞, 等. 两种以颈横动脉系统为蒂的皮瓣在头颈部组织缺损修复中的应用 [J]. *中华口腔医学杂志*, 2013, 48: 502-504.
- [32] Humphrey CD, Kriet JD. Nerve repair and cable grafting for facial paralysis [J]. *Facial Plast Surg*, 2008, 24: 170-176.
- [33] 孔琳, 陆嘉德. 头颈部恶性肿瘤的质子、重离子治疗实践 [J]. *中华放射肿瘤学杂志*, 2016, 25: 427-431.
- Kong L, Lu JD. Practice of proton and heavy ion radiotherapies for head and neck malignancies [J]. *Zhonghua Fangshe Zhongliuxue Zazhi*, 2016, 25: 427-431.
- [34] Weber DC, Murray F, Combescure C, et al. Long term outcome of skull-base chondrosarcoma patients treated with high-dose proton therapy with or without conventional radiation therapy [J]. *Radiother Oncol*, 2018, 129: 520-526.
- [35] Weber DC, Badiyan S, Malyapa R, et al. Long-term outcomes and prognostic factors of skull-base chondrosarcoma patients treated with pencil-beam scanning proton therapy at the Paul Scherrer Institute [J]. *Neuro Oncol*, 2016, 18: 236-243.
- [36] Yang J, Hu W, Guan X, et al. Particle Beam Radiation Therapy for Skull Base Sarcomas [J]. *Front Oncol*, 2020, 10: 1368.
- [37] Uhl M, Mattke M, Welzel T, et al. High control rate in patients with chondrosarcoma of the skull base after carbon ion therapy: first report of long-term results [J]. *Cancer*, 2014, 120: 1579-1585.
- [38] Noel G, Gondi V. Proton therapy for tumors of the base of the skull [J]. *Chin Clin Oncol*, 2016, 5: 51.
- [39] Gavrielatou N, Doumas S, Economopoulou P, et al. Biomarkers for immunotherapy response in head and neck cancer [J]. *Cancer Treat Rev*, 2020, 84: 101977.
- [40] Burtneß B, Harrington KJ, Greil R, et al. Pembrolizumab alone or with chemotherapy versus cetuximab with chemotherapy for recurrent or metastatic squamous cell carcinoma of the head and neck (KEYNOTE-048): a randomised, open-label, phase 3 study [J]. *Lancet*, 2019, 394: 1915-1928.
- [41] Concu R, Cordeiro M. Cetuximab and the Head and Neck Squamous Cell Cancer [J]. *Curr Top Med Chem*, 2018, 18: 192-198.
- [42] Poon H, Li C, Gao W, et al. Evolution of robotic systems for transoral head and neck surgery [J]. *Oral Oncol*, 2018, 87: 82-88.
- [43] Holcomb AJ, Richmon JD. Robotic and Endoscopic Approaches to Head and Neck Surgery [J]. *Hematol Oncol Clin North Am*, 2021, 35: 875-894.
- [44] Panara K, Shahal D, Mittal R, et al. Robotics for Cochlear Implantation Surgery: Challenges and Opportunities [J]. *Otol Neurotol*, 2021, 42: e825-e835.
- [45] Schneider D, Hermann J, Mueller F, et al. Evolution and Stagnation of Image Guidance for Surgery in the Lateral Skull: A Systematic Review 1989—2020 [J]. *Front Surg*, 2020, 7: 604362.

(收稿: 2021-08-03 录用: 2021-09-30 在线: 2021-10-20)

(本文编辑: 李娜)