

神经外科颅底手术进展

刘杰 姚勇

【摘要】 神经外科颅底手术涉及的解剖结构复杂,病种多样。随着内镜技术的成熟和完善、3D 技术和神经导航等影像学技术的进步以及颅底重建材料和理念的更新,神经外科颅底手术有了较大发展和飞跃。本文从颅底病变疾病谱、外科治疗方案、影像学及颅底重建等角度总结神经外科颅底手术的进展,强调多学科诊疗模式的重要性。

【关键词】 脑疾病; 颅底; 神经外科手术; 显微外科手术; 神经内窥镜; 综述

The evolvement of skull base surgery

LIU Jie, YAO Yong

Department of Neurosurgery, Peking Union Medical College Hospital, Chinese Academy of Medical Sciences and Peking Union Medical College, Beijing 100730, China

Corresponding author: YAO Yong (Email: freetigeryao@163.com)

【Abstract】 The skull base surgery involves a complex of anatomic structures and disease spectrums. The endoscopic surgery techniques have been revolutionizing, following the imaging evolvement including 3D techniques and neurosurgical navigation as well as the material and theoretical innovation of skull base reconstruction, which made the skull base surgery achieving a giant leap. We herein review and analyze the development of skull base surgery in terms of disease spectrum, surgical plan, imaging and skull base reconstruction. Multi-disciplinary team (MDT) of skull base diseases should be emphasized.

【Key words】 Brain diseases; Skull base; Neurosurgical procedures; Microsurgery; Neuroendoscopes; Review

This study was supported by the Chinese Academy of Medical Sciences Innovation Fund for Medical Science (No. 2016-I2M-1-002).

Conflicts of interest: none declared

颅底解剖结构复杂,毗邻重要神经血管,手术操作空间狭小且紧密,故颅底病变的处理十分棘手,通常需神经外科、耳鼻咽喉头颈外科、口腔颌面外科、眼科、整形外科和影像科等多学科共同参与诊断与治疗。神经外科颅底手术源于垂体腺瘤手术,1907年Schloffer^[1]首次尝试经蝶入路手术切除垂体腺瘤,拉开神经外科颅底手术发展的序幕;1909年Harvey Cushing在此基础上对经蝶入路垂体腺瘤手术进行多次探索和改进^[2],但受限于手术技术、器械和术后感染等因素,曾一度放弃该入路手

术。与传统开颅手术相比,神经外科颅底手术疗效欠佳,术后并发症发生率较高,其发展一度停滞不前^[3]。直至20世纪70年代,Raveh采用扩大经前颅底入路手术切除中线部位肿瘤,Fisch和Yasargil开创经颞下窝入路手术切除颅中窝和侧颅底肿瘤,神经外科颅底手术方得以复兴^[4]。随着Dolenc、Rhoton等对颅底解剖学的深入探索、手术理念的更新和内镜技术等新兴技术的引入,神经外科颅底手术的应用范围自垂体病变扩展至整个中央颅底区,包括鞍内、鞍上、鞍旁和斜坡区病变,称为内镜下扩大经鼻蝶入路手术^[5-6]。目前,神经外科颅底手术正自正中颅底向前后颅底直至侧颅底等部位扩展,应用范围越来越广泛。

一、颅底病变疾病谱

颅底病变主要包括颅底肿瘤、先天性疾病、炎症性病变、血管性病变和颅底外伤,尤以颅底肿瘤

doi:10.3969/j.issn.1672-6731.2021.08.002

基金项目:中国医学科学院医学与健康科技创新工程重大协同创新项目(项目编号:2016-I2M-1-002)

作者单位:100730 中国医学科学院 北京协和医学院 北京协和医院 神经外科

通讯作者:姚勇,Email: freetigeryao@163.com

表 1 颅底病变疾病谱

Table 1. Skull base diseases spectrum

疾病分类	疾病名称	疾病分类	疾病名称		
颅底肿瘤	垂体腺瘤	炎症性病变	结核病		
	神经节细胞瘤		结节病		
	神经节胶质瘤		淋巴细胞性垂体炎		
	星形细胞瘤		肉芽肿性垂体炎		
	纤维肉瘤		Wenger 肉芽肿		
	垂体细胞瘤		Rosai-Dorfman 病		
	颗粒细胞瘤		脓肿(细菌、真菌)		
	脑膜瘤		囊尾幼虫病		
	浆细胞瘤		朗格汉斯细胞组织细胞增生症		
	转移瘤		黏液囊肿		
	神经内分泌瘤		Tolosa-Hunt 综合征		
	先天性疾病		蛛网膜囊肿	血管性病变	Grave 病
			Rathke 囊肿		颈内动脉瘤
			颅咽管瘤		前交通动脉瘤
表皮样囊肿		海绵窦血管瘤			
垂体中间部囊肿		颈动脉-海绵窦瘘			
生殖细胞肿瘤		颅底外伤	筛板区外伤		
脑疝			前筛骨区外伤		
错构瘤			后筛骨区外伤		
胶样囊肿			额骨区外伤		
McCune-Albright 综合征			蝶骨区外伤		
空泡蝶鞍	其他部位外伤				

最为常见^[7](表 1)。部分先天性颅底病变虽是生长发育残留所致,但其临床表现和治疗方案与颅底肿瘤类似,因此也有部分学者将其归为颅底肿瘤,如颅咽管瘤和生殖细胞肿瘤等。

颅底肿瘤和部分先天性颅底病变起病隐匿,临床表现不典型,根据肿瘤性质和部位表现为头痛、视力视野改变和脑神经缺损症状。对于病变性质和手术指征明确的患者,可手术切除;部分难治性肿瘤需手术前后辅以放化疗和内分泌治疗。手术原则为最大限度切除肿瘤,确保手术切缘无肿瘤组织的同时尽可能保留功能^[8-9]。需警惕的是,尽管许多颅底肿瘤为良性病变,但常表现出侵袭性,病变累及周围血管、神经、骨质等解剖结构时,需及时手术干预。对于功能性肿瘤,如功能性垂体腺瘤,激素水平异常使内分泌功能紊乱,导致全身多脏器受累并产生相应并发症,单纯外科手术无法彻底治愈,故需多学科诊疗模式(MDT),因此采取个体化诊断与治疗,患者受益最大^[9]。神经外科颅底手术的另一目的是病变探查和活检,以明确病变性质,

再根据具体病理类型决定是否全切除肿瘤或辅以放化疗,对判断预后具有重要意义^[10]。以颅内生殖细胞肿瘤为例,外科手术不仅可获取病理组织以明确诊断,还可达到部分切除病变的目的,有助于术后放化疗方案的制定^[11]。

颅底炎症性病变的临床表现与病变结构和部位密切相关。约 70% 的病变累及前颅底,但影像学改变十分细微,临床易忽略,部分病变在影像学上难以与肿瘤区分^[12]。随着对颅底炎症性病变认识的不断深入,许多既往诊断的原发性颅底炎症被证实是 IgG4 相关或其他系统性炎症的一部分^[13]。IgG4 相关颅底炎症的诊断相对困难,需组织活检以明确诊断,治疗仍以激素为主,但该病对激素的反应并不十分敏感,且易复发。近年研究显示,利妥昔单抗对难治性 IgG4 相关颅底炎症有效,故可采取激素联合利妥昔单抗治疗,必要时可辅以放疗^[13-14]。因此,颅底炎症性病变的治疗以激素为主,其次是外科手术或外科手术联合激素治疗^[12]。颅底炎症性病变的治疗部分取决于病变部位,对于可全切除且患病率较低的病变,可予以外科手术;对于解剖结构复杂、不宜手术的患者,仍以激素治疗为主;对于病变较大、累及重要解剖结构的患者,可采取部分切除联合激素治疗。例如,前颅底炎症性病变以激素治疗为主^[12];对于侧颅底炎症性假瘤,外科手术是最常见也是治愈率最高的治疗方案,其次是外科手术联合激素治疗^[15];而鼻窦和腹侧颅底炎症性假瘤,受限于颅底外科技术发展缓慢,病变全切除难度较大,仍以激素治疗为主,外科手术虽有效但临床应用较少,但随着内镜技术的普及,外科手术有望成为一线治疗方案^[16]。

随着内镜技术的普及和发展,颅底血管性病变(如动脉瘤、海绵状血管畸形和动静脉畸形)的内镜手术具有视野显露清晰、手术创伤小的优势,可以清晰显露血管与周围脑组织的毗邻关系,最大限度避免手术损伤和并发症的发生^[17]。近年来,脑转移瘤越来越常见,如果肿瘤患者有新发脑神经功能障碍或颜面部疼痛,则需高度怀疑颅底转移的可能,一线治疗方案以放疗为主,其次考虑立体定向放射治疗(SRT),仅在原发灶不明、放疗无效或存在孤立性颅底转移灶时方考虑外科手术治疗^[18]。

颅底外伤根据损伤部位呈现出不同的临床表现,包括鼻衄,脑出血,脑脊液漏,眶周、鼓室、乳突和耳后淤血,脑神经损伤,颅内感染等,其治疗很大

程度上取决于损伤部位、类型及有无脑脊液漏^[19]。根据病因学,颅底外伤分为医源性损伤、创伤、自发性损伤和先天性缺损;根据解剖部位,颅底外伤分为筛板、前侧和后侧筛骨、额骨、蝶骨区域损伤^[20]。

二、显微镜手术与内镜手术

充足的照明和视野是神经外科颅底手术的基石,也是制约其发展的主要因素。纵观神经外科颅底手术的发展历程, Gerard Guiot 积累 1000 余例经蝶入路手术的经验后,首次尝试内镜手术,但是由于神经内镜照明系统较差,未充分改善视野,最终放弃^[21]。Jules Hardy 在 Gerard Guiot 的基础上首次将显微镜引入经蝶入路手术并获成功^[22],此后,显微镜手术成为神经外科颅底手术的主流^[23]。颅底外科究竟采取何种技术可以使患者获益最大呢?这是一个需要综合考量的问题,需从神经外科学、内分泌学、耳鼻咽喉头颈外科学等多学科角度分析,同时还应考虑患者满意度、经济成本和术者经验等多种因素。显微镜手术和内镜手术各有利弊,技术仅仅是治疗疾病的手段而非目的。

显微镜是神经外科颅底手术应用历史最悠久的一种技术工具,无需额外的专用工具,简便易行,显微镜提供的立体视角便于充分观察相邻结构之间的三维关系,从而减少手术相关神经血管损伤的发生^[23]。然而,显微镜提供的视野十分有限,无法近距离观察额下、鞍区、海绵窦和第三脑室结构,且显微镜手术发生鼻孔撕裂的概率较高,这些局限性制约了神经外科颅底手术的发展。随着内镜技术的成熟,神经外科颅底手术逐渐从显微镜过渡到内镜。在垂体腺瘤治疗方面,内镜手术较显微镜手术拥有更好的预后和生化缓解率,可以最大限度减少对正常神经血管的牵拉,术后并发症较少^[24-26]。Guo 等^[27]的 Meta 分析共纳入 1003 例接受内镜手术和 992 例接受显微镜手术的垂体腺瘤患者。结果显示,无论是功能性垂体腺瘤还是无功能垂体腺瘤,内镜手术的肿瘤全切除率更高(功能性垂体腺瘤: $OR = 2.033$, 95%CI: 1.335 ~ 3.096, $P = 0.001$; 无功能垂体腺瘤: $OR = 1.655$, 95%CI: 1.131 ~ 2.421, $P = 0.010$),功能性垂体腺瘤术后脑膜炎的发生率更低($OR = 0.195$, 95%CI: 0.041 ~ 1.923; $P = 0.039$)。Broersen 等^[28]纳入 97 项临床研究计 6695 例垂体促肾上腺皮质激素腺瘤患者(5711 例接受显微镜手术,984 例接受内镜手术)。结果显示,内镜组切除大腺瘤后生化缓解率更高(76.3% 对 59.9%),复发率

更低(1.5% 对 17.0%);而切除微腺瘤后生化缓解率组间差异无统计学意义。一项针对库欣病的单中心研究显示,内镜手术后生化缓解率显著高于显微镜手术^[24]。上述研究表明内镜手术逐渐成为垂体腺瘤外科治疗的趋势。脊索瘤具有生长缓慢、侵袭性强、复发率高的特点,是颅底肿瘤外科手术的难点。Cannizzaro 等^[29]回顾总结 1990-2018 年发表的相关文献,发现内镜手术的复发率显著低于显微镜手术(19.4% 对 31.8%),再次证实内镜手术的优势。此外,内镜下经鼻入路手术的适应证已从垂体腺瘤和鼻窦病变扩展至整个颅底病变,应用范围越来越广泛^[30]。在原发性脑脊液鼻漏、垂体腺瘤、良性颅底和眼眶病变、鼻窦恶性肿瘤和斜坡病变等的治疗中,内镜手术具有创伤小、病死率低、并发症少等优点^[31]。随着人工智能(AI)和 3D 技术的发展,以及结合此类技术在腹腔镜手术中的经验,3D 内镜和增强现实导航系统(augmented reality navigation system)逐渐应用于神经外科颅底手术,便于术者掌握术野深度,克服传统内镜技术立体感较差的缺点,但这些新技术开展较少,是否可以有效提高手术效果、减少并发症尚未达成共识^[32]。

机器人辅助技术业已广泛应用于其他外科手术,而在内镜手术中的应用尚处于探索阶段。大多数内镜手术需双手技术(2-handed technique)完成,即一手持内镜,另一手持操作器械,内镜下扩大经鼻入路手术则需三手甚至四手技术(3- or 4-handed technique)共同完成,既不符合人体工程学原理,也增加手术难度。内镜技术辅助机器人的引入即解决上述难题,增加多个机械臂以解放术者双手,使手术操作更加精准,极大减少术者疲劳,亦增加 3D 视野,便于立体观察术中情况^[32-33]。颅底解剖结构精细、复杂,可供术者操作的空间狭小,这要求机器人系统具有灵活度高、体积小特性。2017 年,美国食品与药品管理局(FDA)批准上市进入咽喉部操作的 Flex 系统(美国 Medrobotics 公司),实现了内镜由机器人操控、器械由术者操作,但是该系统体积较大,无法经鼻操作,缺乏触觉反馈,图像为二维视野^[34],随着技术的更新迭代,上述缺点正逐渐被克服。2020 年,日本东京大学 Marinho 教授团队发明一种专门用于经鼻操作的机器人系统——SmartArm,拥有 9° 内镜和器械的触觉反馈,在该系统辅助下术者可以缝合硬脑膜,为机器人内镜颅底手术提供了基础条件^[35]。应注意的是,现有的机器

人辅助技术尚无法实现内镜下经鼻入路手术中应用磨钻或削骨操作,尚未大规模临床推广,在手术效果和降低并发症方面尚缺少临床数据。此外,机器人辅助技术需要一定的学习周期。临床应用方面,2012年 Yin Tsang 等^[36]报告首例成功经口内镜技术辅助机器人切除复发性鼻咽癌患者,是该项技术的首次临床尝试。相信随着新技术的变革,机器人辅助下经鼻内镜颅底手术可进一步缩小器械体积,实现完全经鼻入路操作。同时结合图像导航、磨钻和自动清洁镜头等技术,允许多器械同时操作,可以提高手术效果,减少手术并发症。

三、神经外科颅底手术影像学进展

神经外科颅底手术的发展伴随着影像学技术的迭代。近年来,神经外科颅底手术在 3D 影像、神经导航等领域均有突出进展。随着 3D 技术中稳态构成干扰(CISS)技术的成熟,可将高分辨率 MRI 图像重建出任意平面的图像,极大便于术者术前判断病变的解剖结构^[37]。3D 技术在模型打印中也得到较好的应用,颅底模型对精准度的要求极高,Hsieh 等^[38]比较 3D 打印模型与影像学参数,发现 3D 打印模型与实际解剖差异 < 5%,且二者在触觉反馈方面无显著差异。内镜下扩大经鼻入路手术中神经外科医师可根据术前影像学先打印颅底模型并标记重要解剖结构,设计手术入路,再根据术中 CT、神经导航等对颅底模型进行精细化裁剪并植入患者颅底,可完美适配颅底缺损,从而实现扩大经鼻入路手术颅底个体化重建,有效预防术后脑脊液漏^[39]。

神经导航除用于术中定位、肿瘤切除、人工材料植入和解剖重建外,还可用于可视化手术规划,这得益于神经导航精确度的不断提高。Franz 等^[40]对比术前规划与术后 CT 数据,发现二者平均误差仅为 0.719 mm。既往因术中神经导航的误差较大(> 2 mm),仅可用于参考,但随着新一代术中神经导航的引入,误差有望缩小至 1.00 ~ 1.50 mm,使得术中实时精准导航成为可能^[41]。此外,将增强现实(AR)技术引入术中神经导航也将成为一种趋势。增强现实分为两种,一种将术前规划好的图像和路径投射至内镜影像中,另一种将现实内镜图像与虚拟内镜图像融合^[41]。无论是何种形式的增强现实,都将是未来内镜手术不可或缺的利器,从而最大限度发挥内镜技术的优势。

四、颅底重建与神经修复

术后脑脊液漏和颅内感染是影响患者预后的

重要因素,为有效预防此类并发症的发生,神经外科医师需采取各种手段重建颅底,修补缺损^[42]。既往 10 余年,内镜颅底外科手术的修复失败率和术后脑膜炎发生率显著改变并呈明显下降趋势^[31]。尽管如此,有效的颅底重建和预防术后脑脊液漏仍是神经外科医师重点关注的问题。

多层复合重建是经鼻颅底外科手术中颅底重建的基本原则^[31,43-44]。颅底修复材料主要包括游离自体移植物(如筋膜、骨质、脂肪等)、人工硬膜、血管黏膜瓣(鼻内和鼻外)、可吸收生物胶等,可充分发挥不同材料特性修复颅底。多层复合重建包括衬底(underlay)、外衬(overlay)及其他可吸收止血材料和流体明胶等^[42]。其中,衬底是多层复合重建的重要部分,其目的是构建一个疏水层修复硬膜下和硬膜,从而有效分隔颅内和颅外区域^[44]。

预防脑脊液漏是颅底重建的目的之一。根据脑脊液漏类型,有梯度地选择适宜的颅底重建方法尤为必要。对于无脑脊液漏的患者,可采取单层重建甚至不重建;对于低流量(low flow)脑脊液漏,应采取多层复合重建,可以自体移植物和人工硬膜完成;对于高流量(high flow)脑脊液漏,应在前者基础上增加血管黏膜瓣(鼻内和鼻外)^[45]。近年来,带蒂血管黏膜瓣越来越多地应用于内镜颅底外科手术中,较其他非带血管蒂材料,在修补颅底缺损和预防脑脊液漏方面更有效^[44]。Thorp 等^[46]回顾总结 152 例术中脑脊液漏且应用血管黏膜瓣修补颅底缺损患者的临床资料,发现修复成功率达 96.71% (147/152),围手术期[5.26%(8/152)]和术后 3 个月[7.24%(11/152)]并发症发生率均较低。颅底修复材料选择方面,Lim 等^[47]对前颅底重建结局进行系统综述,发现局部瓣颅底重建术后病死率和并发症发生率均低于游离瓣。Lam 等^[48]对 27 例采用自体脂肪移植重建颅底的患者进行回顾分析,颅底重建成功率 > 90%,尤其是处理高流量脑脊液漏、较大颅底缺损和难治性脑脊液漏时疗效更加突出。Abiri 等^[49]对自体材料和非自体材料进行颅底重建的术后并发症进行 Meta 分析,发现两种材料术后脑脊液漏和其他主要并发症发生率无显著差异,而非自体材料术后脑膜炎发生率更低。因此,对于颅底修复材料的选择,倾向自体、局部、包含血管成分的多层复合修复材料。

神经修复是神经外科颅底手术后需关注的另一重要方面。肿瘤位于脑干等部位或肿瘤切除致

医源性损伤时,神经外科颅底手术不可避免地导致脑神经损伤,进而导致神经功能缺损。为解决上述难题,干细胞移植技术正逐步推广。目前已开展诱导型多能干细胞(iPSCs)移植在脑卒中和颅脑创伤中的临床试验,疗效显著且较为安全^[50]。然而,干细胞有演变为肿瘤细胞的可能,以及可能出现免疫排斥反应,值得警惕。总之,干细胞移植技术的逐步完善将为实现颅底病变全切除提供可能。

五、颅底外科的多学科诊疗模式

自颅底外科诞生之初即注定颅底病变将是一个需多学科诊疗模式的领域。传统开颅颅底外科手术通常需神经外科、耳鼻咽喉头颈外科、颌面外科和整形外科共同完成,随着内镜技术的推广,颅底外科手术逐步演变为由神经外科和耳鼻咽喉头颈外科完成^[51]。尽管如此,颅底病变的手术治疗方案仍需多学科相互配合、共同制定。此外,颅底病变患者更应关注功能的恢复和生活质量的改善,其综合治疗方案需内分泌科、肿瘤科、放疗科、妇产科、眼科、影像科等多学科的共同参与,全面分析病变的影像学特点、手术获益以及围手术期化疗方案、内分泌治疗方案等,各学科发挥自身优势,针对不同患者采取不同治疗策略,从而实现颅底病变的个体化诊断与治疗^[52]。

综上所述,神经外科颅底手术技术日趋完善,内镜技术的发展极大提高手术安全性和有效性。影像学的进步和颅底重建技术的完善使神经外科颅底手术向微创化、精准化、智能化方向发展。因颅底病变常导致多系统受累,多学科诊疗模式必不可少,正逐步成为首选的规范化诊断与治疗模式。

利益冲突 无

参 考 文 献

- [1] Schloffer H. Erfolgreiche operation eines hypophysentumors auf nasalem wege[J]. Wien Klin Wochenschr, 1907, 20:621-624.
- [2] Rosegay H. Cushing's legacy to transsphenoidal surgery[J]. J Neurosurg, 1981, 54:448-454.
- [3] Dumont AS, Kanter AS, Jane JAJ Jr, Laws ERJ. Extended transsphenoidal approach[J]. Front Horm Res, 2006, 34:29-45.
- [4] Fisch U. Infratemporal fossa approach to tumors of the temporal bone and base of skull[J]. J Laryngol Otol, 1978, 92:949-967.
- [5] Wang RZ, Feng M. Current situation and problems in skull base surgery[J]. Zhongguo Xian Dai Shen Jing Ji Bing Za Zhi, 2020, 20:144-147.[王任直, 冯铭. 颅底肿瘤外科发展现状与存在问题[J]. 中国现代神经疾病杂志, 2020, 20:144-147.]
- [6] Fisch U, Fagan P, Valavanis A. The infratemporal fossa approach for the lateral skull base[J]. Otolaryngol Clin North Am, 1984, 17:513-552.
- [7] Cote DJ, Wiemann R, Smith TR, Dunn IF, Al-Mefty O, Laws ER. The expanding spectrum of disease treated by the transnasal, transsphenoidal microscopic and endoscopic anterior skull base approach: a single-center experience 2008-2015[J]. World Neurosurg, 2015, 84:899-905.
- [8] Alokby G, Casiano RR. Endoscopic resection of sinonasal and ventral skull base malignancies[J]. Otolaryngol Clin North Am, 2017, 50:273-285.
- [9] Ivan ME, Han SJ, Aghi MK. Tumors of the anterior skull base[J]. Expert Rev Neurother, 2014, 14:425-438.
- [10] Kane AJ, Sughrue ME, Rutkowski MJ, Aranda D, Mills SA, Buencamino R, Fang S, Barani IJ, Parsa AT. Posttreatment prognosis of patients with esthesioneuroblastoma[J]. J Neurosurg, 2010, 113:340-351.
- [11] Souweidane MM, Krieger MD, Weiner HL, Finlay JL. Surgical management of primary central nervous system germ cell tumors: proceedings from the Second International Symposium on Central Nervous System Germ Cell Tumors[J]. J Neurosurg Pediatr, 2010, 6:125-130.
- [12] Alyono JC, Shi Y, Berry GJ, Recht LD, Harsh GR 4th, Jackler RK, Corrales CE. Inflammatory pseudotumors of the skull base: meta-analysis[J]. Otol Neurotol, 2015, 36:1432-1438.
- [13] Anand P, Chwalisz BK. Inflammatory disorders of the skull base: a review[J]. Curr Neurol Neurosci Rep, 2019, 19:96.
- [14] Marinelli JP, Marvisi C, Vaglio A, Peters PA, Dowling EM, Palumbo AA, Lane JI, Appelbaum EN, Sweeney AD, Carlson ML. Manifestations of skull base IgG4-related disease: a multi-institutional study[J]. Laryngoscope, 2020, 130:2574-2580.
- [15] Spinazzi EF, Desai SV, Fang CH, Jyung RW, Liu JK, Baredes S, Eloy JA. Lateral skull base inflammatory pseudotumor: a systematic review[J]. Laryngoscope, 2015, 125:2593-2600.
- [16] Desai SV, Spinazzi EF, Fang CH, Huang G, Tomovic S, Liu JK, Baredes S, Eloy JA. Sinonasal and ventral skull base inflammatory pseudotumor: a systematic review[J]. Laryngoscope, 2015, 125:813-821.
- [17] Vaz - Guimaraes F, GARDNERI PA, Fernandez - Miranda JC, Wang E, Snyderman CH. Endoscopic endonasal skull base surgery for vascular lesions: a systematic review of the literature[J]. J Neurosurg Sci, 2016, 60:503-513.
- [18] Chamoun RB, DeMonte F. Management of skull base metastases[J]. Neurosurg Clin N Am, 2011, 22:61-66.
- [19] Lin DT, Lin AC. Surgical treatment of traumatic injuries of the cranial base[J]. Otolaryngol Clin North Am, 2013, 46:749-757.
- [20] Kim E, Russell PT. Prevention and management of skull base injury[J]. Otolaryngol Clin North Am, 2010, 43:809-816.
- [21] Doglietto F, Prevedello DM, Jane JA Jr, Han J, Laws ER Jr. Brief history of endoscopic transsphenoidal surgery: from Philipp Bozzini to the First World Congress of Endoscopic Skull Base Surgery[J]. Neurosurg Focus, 2005, 19:E3.
- [22] Patel SK, Husain Q, Eloy JA, Couldwell WT, Liu JK. Norman Dott, Gerard Guiot, and Jules Hardy: key players in the resurrection and preservation of transsphenoidal surgery[J]. Neurosurg Focus, 2012, 33:E6.
- [23] Ammirati M, Wei L, Ciric I. Short-term outcome of endoscopic versus microscopic pituitary adenoma surgery: a systematic review and meta-analysis[J]. J Neurol Neurosurg Psychiatry, 2013, 84:843-849.
- [24] Bora SK, Suri A, Khadawat R, Tandon N, Suri V, Chand Sharma M, Satyarthee G, Singh M, Tandon V, Agarwal D, Kumar R, Chandra PS, Gurjar HK, Borkar S, Gupta DK, Singh PK, Kale SS. Management of Cushing's disease: changing trend from microscopic to endoscopic surgery[J]. World Neurosurg, 2020, 134:e46-54.
- [25] Singh H, Essayed WI, Cohen-Gadol A, Zada G, Schwartz TH.

- Resection of pituitary tumors: endoscopic versus microscopic [J]. *J Neurooncol*, 2016, 130:309-317.
- [26] Phan K, Xu J, Reddy R, Kalakoti P, Nanda A, Fairhall J. Endoscopic endonasal versus microsurgical transsphenoidal approach for growth hormone - secreting pituitary adenomas - systematic review and meta - analysis [J]. *World Neurosurg*, 2017, 97:398-406.
- [27] Guo S, Wang Z, Kang X, Xin W, Li X. A meta - analysis of endoscopic vs. microscopic transsphenoidal surgery for non - functioning and functioning pituitary adenomas: comparisons of efficacy and safety[J]. *Front Neurol*, 2021, 12:614382.
- [28] Broersen LHA, Biermasz NR, van Furth WR, de Vries F, Versteegen MJT, Dekkers OM, Pereira AM. Endoscopic vs. microscopic transsphenoidal surgery for Cushing's disease: a systematic review and meta-analysis[J]. *Pituitary*, 2018, 21:524-534.
- [29] Cannizzaro D, Tropeano MP, Milani D, Spaggiari R, Zaed I, Mancarella C, Lasio GB, Fornari M, Servadei F, Cardia A. Microsurgical versus endoscopic trans - sphenoidal approaches for clivus chordoma: a pooled and meta-analysis[J]. *Neurosurg Rev*, 2021, 44:1217-1225.
- [30] Zwagerman NT, Zenonos G, Lieber S, Wang WH, Wang EW, Fernandez - Miranda JC, Snyderman CH, Gardner PA. Endoscopic transnasal skull base surgery: pushing the boundaries[J]. *J Neurooncol*, 2016, 130:319-330.
- [31] Wang EW, Zanation AM, Gardner PA, Schwartz TH, Eloy JA, Adappa ND, Bettag M, Bleier BS, Cappabianca P, Carrau RL, Casiano RR, Cavallo LM, Ebert CS Jr, El-Sayed IH, Evans JJ, Fernandez-Miranda JC, Folbe AJ, Froelich S, Gentili F, Harvey RJ, Hwang PH, Jane JA Jr, Kelly DF, Kennedy D, Knosp E, Lal D, Lee JYK, Liu JK, Lund VJ, Palmer JN, Prevedello DM, Schlosser RJ, Sindwani R, Solares CA, Tabae A, Teo C, Thirumala PD, Thorp BD, de Arnelo Silva Vellutini E, Witterick I, Woodworth BA, Wormald PJ, Snyderman CH. ICAR: endoscopic skull - base surgery [J]. *Int Forum Allergy Rhinol*, 2019, 9:S145-365.
- [32] Ahmed OH, Marcus S, Lebowitz RA, Jacobs JB. Evolution in visualization for sinus and skull base surgery: from headlight to endoscope[J]. *Otolaryngol Clin North Am*, 2017, 50:505-519.
- [33] Campbell RG. Robotic surgery of the anterior skull base[J]. *Int Forum Allergy Rhinol*, 2019, 9:1508-1514.
- [34] Heuermann M, Michael AP, Crosby DL. Robotic skull base surgery[J]. *Otolaryngol Clin North Am*, 2020, 53:1077-1089.
- [35] Marinho MM, Harada K, Morita A, Mitsuishi M. SmartArm: integration and validation of a versatile surgical robotic system for constrained workspaces[J]. *Int J Med Robot*, 2020, 16:e2053.
- [36] Yin Tsang RK, Ho WK, Wei WI. Combined transnasal endoscopic and transoral robotic resection of recurrent nasopharyngeal carcinoma[J]. *Head Neck*, 2012, 34:1190-1193.
- [37] Blitz AM, Aygun N, Herzka DA, Ishii M, Gallia GL. High resolution three - dimensional MR imaging of the skull base: compartments, boundaries, and critical structures [J]. *Radiol Clin North Am*, 2017, 55:17-30.
- [38] Hsieh TY, Cervenka B, Dedhia R, Strong EB, Steele T. Assessment of a patient - specific, 3 - dimensionally printed endoscopic sinus and skull base surgical model [J]. *JAMA Otolaryngol Head Neck Surg*, 2018, 144:574-579.
- [39] Essayed WI, Unadkat P, Hosny A, Frisken S, Rassi MS, Mukundan S, Weaver JC, Al-Mefty O, Golby AJ, Dunn IF. 3D printing and intraoperative neuronavigation tailoring for skull base reconstruction after extended endoscopic endonasal surgery: proof of concept[J]. *J Neurosurg*, 2018, 130:248-255.
- [40] Franz L, Isola M, Bagatto D, Tuniz F, Robiony M. A novel approach to skull - base and orbital osteotomies through virtual planning and navigation[J]. *Laryngoscope*, 2019, 129:823-831.
- [41] Citardi MJ, Yao W, Luong A. Next - generation surgical navigation systems in sinus and skull base surgery [J]. *Otolaryngol Clin North Am*, 2017, 50:617-632.
- [42] Sokoya M, Mourad M, Ducic Y. Complications of skull base surgery[J]. *Semin Plast Surg*, 2017, 31:227-230.
- [43] Raza SM, Schwartz TH. Multi - layer reconstruction during endoscopic endonasal surgery: how much is necessary [J]? *World Neurosurg*, 2015, 83:138-139.
- [44] Zuniga MG, Turner JH, Chandra RK. Updates in anterior skull base reconstruction[J]. *Curr Opin Otolaryngol Head Neck Surg*, 2016, 24:75-82.
- [45] Sigler AC, D'Anza B, Lobo BC, Woodard TD, Recinos PF, Sindwani R. Endoscopic skull base reconstruction: an evolution of materials and methods[J]. *Otolaryngol Clin North Am*, 2017, 50:643-653.
- [46] Thorp BD, Sreenath SB, Ebert CS, Zanation AM. Endoscopic skull base reconstruction: a review and clinical case series of 152 vascularized flaps used for surgical skull base defects in the setting of intraoperative cerebrospinal fluid leak [J]. *Neurosurg Focus*, 2014, 37:E4.
- [47] Lim X, Rajagopal R, Silva P, Jeyaretna DS, Mykula R, Potter M. A systematic review on outcomes of anterior skull base reconstruction[J]. *J Plast Reconstr Aesthet Surg*, 2020, 73:1940-1950.
- [48] Lam K, Luong AU, Yao WC, Citardi MJ. Use of autologous fat grafts for the endoscopic reconstruction of skull base defects: indications, outcomes, and complications [J]. *Am J Rhinol Allergy*, 2018, 32:310-317.
- [49] Abiri A, Abiri P, Goshtasbi K, Lehigh BM, Sahyouni R, Hsu FPK, Cadena G, Kuan EC. Endoscopic anterior skull base reconstruction: a meta-analysis and systematic review of graft type[J]. *World Neurosurg*, 2020, 139:460-470.
- [50] Sekhar LN, Juric-Sekhar G, Qazi Z, Patel A, McGrath LB Jr, Pridgeon J, Kalavakonda N, Hannaford B. The future of skull base surgery: a view through tinted glasses [J]. *World Neurosurg*, 2020, 142:29-42.
- [51] Snyderman CH, Wang EW, Fernandez - Miranda JC, Gardner PA. The making of a skull base team and the value of multidisciplinary approach in the management of sinonasal and ventral skull base malignancies[J]. *Otolaryngol Clin North Am*, 2017, 50:457-465.
- [52] Freeman JL, DeMonte F, Al-Holou W, Gidley PW, Hanna EY, Kupferman ME, Su SY, Raza SM. Impact of early access to multidisciplinary care on treatment outcomes in patients with skull base chordoma[J]. *Acta Neurochir (Wien)*, 2018, 160:731-740.

(收稿日期:2021-08-21)

(本文编辑:彭一帆)

下期内容预告 本刊 2021 年第 9 期报道专题为 2021 年世界卫生组织中枢神经系统肿瘤分类(第五版)解读,重点内容包括:世界卫生组织中枢神经系统肿瘤分类历史演变;2021 年世界卫生组织中枢神经系统肿瘤分类(第五版)简表中译版及说明;新增肿瘤介绍;成人型弥漫性胶质瘤解读;儿童型弥漫性胶质瘤诊断与治疗建议;以局限性生长特征分类的胶质瘤:局限性星形细胞胶质瘤;室管膜肿瘤解读;胚胎性肿瘤解读;主要原发性中枢神经系统肿瘤关键基因、分子、信号通路及诊断新技术解读;中枢神经系统肿瘤整合及分层诊断报告