

颅底骨性病变手术治疗现状与展望

康军

【摘要】 颅底骨性病变涵盖良性和恶性肿瘤、炎症以及先天性发育异常等多种病变,因其解剖位置深、毗邻重要神经血管,手术治疗极具挑战。随着内镜颅底技术、影像学、术中导航、质子放射治疗及多学科诊疗模式的发展,颅底骨性病变的治疗策略不断优化,本文简述颅底骨性病变的手术治疗现状与突破性进展。

【关键词】 颅底; 神经外科手术; 神经内镜; 综述

Surgical management of skull base osseous lesions: present challenges and future perspectives

KANG Jun

Department of Neurosurgery, Beijing Tongren Hospital, Capital Medical University, Beijing 100730, China (Email: junkang2015@163.com)

【Abstract】 Skull base osseous lesions, including various benign and malignant tumors, and developmental abnormalities like chordomas, osteomas, chondromas, osteosarcomas, fibrous dysplasia (FD), endolymphatic sac tumors, et al, are challenging to treat due to their deep anatomical location near critical nerves and vessels. Surgical treatment demands a balance between complete lesion resection and neural function preservation. In recent years, advances in endoscopy, imaging, intraoperative navigation, proton radiation therapy, and multi-disciplinary team (MDT) have led to continuous optimization of treatment strategies for skull base osseous lesions. This paper briefly reviews the current surgical strategies and breakthroughs for skull base osseous lesions.

【Key words】 Skull base; Neurosurgical procedures; Neuroendoscopes; Review

This study was supported by Capital Health Development Research Project (No. 2020-2-2058).

Conflicts of interest: none declared

颅底骨性病变涵盖多种良性和恶性肿瘤、炎症性病变以及先天性发育异常病变,如脊索瘤、骨瘤、软骨瘤、骨肉瘤、骨纤维异常增殖症、内淋巴囊肿瘤、动脉瘤样骨囊肿、巨细胞肉芽肿等。由于病变解剖位置深且毗邻重要神经血管,故手术风险高、难度大,需兼顾病变切除的彻底与神经功能的保护。近年来,随着内镜颅底技术、影像学、术中导航、神经电生理监测、质子放射治疗及多学科诊疗模式(MDT)的发展,颅底骨性病变的治疗策略不断优化,本文对其手术治疗现状及突破性进展进行概

述以为相关专业的临床医师提供参考。

一、颅底骨性病变的临床特点与分类

颅底骨性病变的临床症状可以涵盖一般症状,如颅内压增高引起的头痛等,还可以根据病变性质和部位出现不同的神经功能障碍,如脑神经受压导致的视力、听力、面部感觉或运动障碍等^[1]。此外,病变对局部器官压迫或破坏尚可造成结构和功能异常,如累及眼眶可引起眼球突出、复视;破坏颅底骨质、硬脑膜可造成脑脊液鼻漏或耳漏;颅底凹陷症压迫颈髓可导致四肢无力、感觉异常等;头面部广泛病变,如骨纤维异常增殖症可造成明显的头面部畸形^[2]。某些特殊病变还可能引起特异性症状,如 McCune-Albright 综合征可因合并垂体腺瘤表现为肢端肥大症、库欣综合征等^[3]。先天性颅底骨性病变常伴神经组织发育异常,此类患者临床表现复杂,早期症状隐匿,因此对于表现为不明原因头痛、

doi: 10.3969/j.issn.1672-6731.2025.04.001

基金项目:首都卫生发展科研专项项目(项目编号:2020-2-2058)

作者单位:100730 首都医科大学附属北京同仁医院神经外科, Email: junkang2015@163.com

复视、听力下降或多组脑神经麻痹的患者,应高度警惕颅底骨性病变的可能。

颅底骨性病变的分类目前尚无统一标准,可按照病理类型和临床特点进行区分。病理类型直接影响治疗方法的选择和预后,但有些病变单凭术前实验室和影像学检查难以确诊,明确诊断仍依靠组织活检或病理学检查。根据病理类型大致分为肿瘤、炎症性或肉芽肿性病变、先天性发育异常病变、外伤性病变及血管性病变,肿瘤是颅底外科最常处理的病变,又分为颅底原发性骨肿瘤和继发性骨肿瘤,前者包括骨瘤、软骨瘤等常见良性肿瘤以及骨肉瘤、脊索瘤等常见恶性肿瘤^[4];后者包括颅底转移瘤及邻近肿瘤侵犯和破坏颅底骨质,如广泛性蝶骨大翼脑膜瘤常侵犯眶壁骨质和蝶骨,造成明显的颅底骨质增生和瘤化。不同病理类型的肿瘤生物学特性、手术治疗难易程度差异显著,无症状良性骨瘤通常无需治疗,而广泛侵犯的骨肉瘤、脊索瘤或颅底转移瘤则难以获得良好的手术切除或肿瘤控制。除病理类型,临床实践中还可按照病变部位和临床表现分类,根据病变部位分为前颅底、中颅底和后颅底病变及颅底沟通性病变,根据病变进展分为急性和慢性病变,根据病变生物学特点分为局限性、侵袭性和多灶性病变。临床医师应根据病变的影像学特征、病理类型和临床分类进行诊断与鉴别诊断,以制定更合理的个性化治疗方案。

二、颅底骨性病变手术的进展

颅底病变涉及神经外科、眼科、耳鼻咽喉头颈外科、口腔颌面外科等多学科,不同学科对同一病变的手术理念和手术方式不尽相同。作为颅底外科医师,根据病变病理学特征和临床特点制定合理的治疗方案是关键,而非通常意义上的手术切除越干净、疗效越佳。对于广泛的颅底骨纤维异常增殖症,手术目的是解除病变对视神经的压迫或改善外观,故无需广泛的病变切除^[5];但对于低度恶性骨肿瘤如脊索瘤,手术切除程度则是决定预后的最重要因素^[6]。

1. 手术入路的选择 颅底骨性病变质地坚硬,较软组织病变的切除难度高、风险大,故手术入路的设计应充分考虑病变部位、性质、范围及其与周围神经血管的关系,既充分显露病变又最大限度减少对正常脑组织的损伤。前颅底和中颅底病变重点关注视神经、海绵窦内眼球运动神经的保护;后颅窝和颈静脉孔区病变重点关注面神经、前庭蜗神

经和后组脑神经的保护。此外,手术方案的制定还应结合术者的专业领域、经验和设备条件。对于颅底沟通性病变强调多学科协作,如神经外科与眼肿瘤科、口腔颌面外科合作,采取经结膜、经眶、经口与经颅入路相结合,共同处理前颅底和中颅底病变;神经外科与耳科、耳鼻咽喉头颈外科合作,采取经迷路、经颞下和经远外侧入路处理复杂的中颅底和后颅底病变或头颈沟通性病变^[7]。致敬颅底外科大师,通过手术入路创新、技术改进和理论突破,推动了颅底外科这一高难度领域的发展,因此采取经典的手术入路仍是大多数颅底外科医师的首选,例如,对于前颅底和海绵窦病变,Yaşargil教授的标准翼点入路仍是基本解决办法^[8];结合Sekhar教授的经典眶颧入路,可以更好地处理复杂前颅底和中颅底病变^[9];对于岩斜区和颞骨侧颅底病变,Fukushima教授和Fisch教授的经典入路和颅底技术的重要性毋庸置疑^[10]。除了上述经典显微颅底手术入路,内镜颅底技术的飞速发展亦为颅底外科手术提供了更丰富的选择,部分弥补了显微镜在颅底视野局限的缺陷。神经内镜在颅底外科的意义不仅是技术工具的替代,更是手术理念的革新。发生于中线颅底的脊索瘤是最适宜经鼻内镜切除的侵犯骨质的肿瘤,经鼻内镜切除发生于此区域的骨瘤和软骨瘤也常取得良好疗效。随着手术经验的积累和内镜下止血、缝合、颅底修补技术的进步,侵犯鞍上第三脑室及钙化明显的颅咽管瘤亦更多地采取内镜经鼻入路,并取得良好疗效。内镜颅底技术的应用也从单纯经鼻中线颅底扩展至内镜经颅、经眶、经耳等不同入路,进而提出“内镜神经外科”的概念^[11-12]。应强调的是,不管是神经内镜还是显微镜,均是颅底外科医师必备的手术工具,熟练的显微技术和操作理念是颅底外科手术的基础和保障,现阶段不应过分强调某种技术的优势。

2. 术中多种辅助技术的应用 颅底外科的核心目标是实现最大化的病变切除和最小化的神经损伤,达到这一目标需根据病变部位、性质及患者实际情况选择辅助技术。术前高分辨率影像学检查(CT、MRI、CTA、MRA)是手术设计的核心依据,三维重建与虚拟手术规划可帮助术者“透视”复杂解剖结构,优化入路选择;颅底骨性病变不会因术中脑脊液流失而造成定位偏移,神经导航系统可通过实时定位病变和关键结构,弥补术野局限的缺点^[13];术中超声(iUS)可实时定位重要血管走行和深部病

变,动态调整手术路径。经鼻内镜手术中神经导航和多普勒超声联合应用既保证手术的安全性,又极大地缩短手术时间,成为复杂颅底手术必不可少的设备。颅底手术已从单纯病变切除转变为解剖-功能双重保护,术中电生理监测正是这一转变的技术基石。术中电生理监测包括体感诱发电位(SEP)、运动诱发电位(MEP)、脑神经电生理监测、肌电图等,在颅底手术中具有不可替代的作用,通过实时反馈神经电信号,为术者提供动态功能保护依据,显著降低术后神经功能缺损风险,但需专业神经电生理团队配合,且设备成本较高。颅底骨性病变切除术中,高速磨钻是核心手术工具之一,但其应用应满足严格的技术要求,以确保高效、精准、安全地处理复杂骨质结构,同时避免损伤周围神经、血管和脑组织。目前颅底外科常用的磨钻系统转速为 10 000 ~ 80 000 r/min,以适应不同骨质硬度。根据病变部位和手术方式,应配备各种类型的磨钻头以及更符合人体工程学、更轻巧的深部或经鼻手柄,并自带冲水降温系统。未来智能化磨钻(如压力反馈、自动避障)将进一步突破颅底手术的“禁区”,实现更安全的治疗。近年来,超声骨刀和二氧化碳激光刀的出现,显著提高了颅底手术的精准性和安全性,尤其是处理复杂骨性病变和邻近神经血管结构时独具优势。超声骨刀利用超声波振动原理,选择性切割矿化组织(如骨),而对软组织(如神经、血管、硬脑膜)几乎无损伤,虽切割效率低于高速磨钻,但其选择性切割能力更适用于神经血管的保护,且应用过程中无骨碎片飞溅。颅底外科手术的成功依赖“病变切除-功能重建-血运维护”三位一体策略,颅底重建术和血管搭桥术正是这一策略的支柱,使原本高风险的“禁区”手术逐渐精准、安全。随着科技的进步,手术显微镜和神经内镜作为神经外科的核心设备也越来越清晰、智能,越来越多的高精尖设备应用于颅底外科手术中,如术中 CT、术中 MRI 及复合手术室等。

3. 其他综合治疗措施的合理应用 对于无法全切除或恶性颅底骨性病变,非手术治疗十分必要,主要包括放射治疗、药物化疗、靶向治疗、免疫治疗及康复治疗等。对于无法全切除或切除切缘呈阳性的肿瘤,以及分化程度低、对放射治疗敏感的恶性肿瘤,术后辅以放射治疗可以有效抑制肿瘤生长、降低复发率,显著延长患者生存期。对于传统放射治疗不敏感的颅底沟通性病变,质子放射治疗

和重离子放射治疗的效果更佳^[14]。对于某些颅底沟通性肉瘤,药物化疗可以有效抑制肿瘤生长,延缓肿瘤复发。免疫治疗在颅底恶性肿瘤的治疗中也发挥重要作用,虽然免疫治疗用于骨肉瘤尚未获得美国食品与药品管理局(FDA)批准,但包括免疫检查点抑制剂(ICIs)、嵌合抗原受体 T 细胞(CAR-T)和双特异性抗体在内的免疫治疗正处于临床试验阶段且已取得突破性进展,有望成为骨肉瘤的重要治疗方法^[15]。此外,心理治疗也是综合治疗的重要组成部分,给予患者心理支持和疏导,帮助其树立战胜疾病的信心。

三、颅底骨性病变手术的展望

面对颅底解剖结构复杂、手术风险高的挑战,未来对颅底外科医师的要求更高,一方面应将基本知识(颅底解剖和颅底病变知识)、基本手术操作融会贯通,同时需多学科密切协作;另一方面应聚焦理论和技术创新。根据病变性质和特点精准治疗、综合治疗和跨学科协作是颅底外科的未来发展方向。内镜颅底技术的升级,将实现超高清 8K 内镜结合多光谱成像,增强组织分辨力;可弯曲内镜结合激光消融,将实现复杂颅底病变的精准切除。先进的导航系统和虚拟现实(VR)技术,机器人辅助手术系统等新技术,将有助于颅底骨性病变的手术规划和术中定位,多模态数据融合与人工智能(AI)将全面应用于术前计划、术中监测和术后快速康复等提高手术疗效的各方面。颅底外科的发展方向将是多学科融合,结合工程、材料、生物技术的进步,提高手术精准性、安全性,改善患者预后。同时,个性化治疗和微创技术亦是发展趋势。未来颅底骨性病变手术将呈现精准化、智能化、微创化、个性化特征,通过技术融合重新定义手术边界,最终实现从“解剖治愈”向“功能保全与再生”的跨越。

利益冲突 无

参 考 文 献

- [1] Supsupin EP Jr, Gonzales NS, Debnam JM. Anatomy and pathology of the skull base: malignant and nonmalignant lesions [J]. *Oral Maxillofac Surg Clin North Am*, 2023, 35:413-433.
- [2] Szymczuk V, Taylor J, Boyce AM. Craniofacial fibrous dysplasia: clinical and therapeutic implications [J]. *Curr Osteoporos Rep*, 2023, 21:147-153.
- [3] Bergignat S, Chapurlat R, Nicolino M, Perge K. Clinical spectrum and uncommon features of McCune-Albright syndrome in children: a cohort study from a National Referral Center [J]. *Front Endocrinol (Lausanne)*, 2025, 16:1531765.
- [4] Waldman S, Shimonov M, Yang N, Spielman D, Godfrey KJ, Dean KE, Phillips CD, Helman SN. Benign bony tumors of the

- paranasal sinuses, orbit, and skull base[J]. Am J Otolaryngol, 2022, 43:103404.
- [5] Behbahani M, Fernando S, Peng S, Fernandez LG, Hajnas N, Sharma S, Rastatter JC, Alden TD. Endoscopic endonasal optic nerve decompression: treatment of fibrous dysplasia in a pediatric population[J]. J Neurosurg Pediatr, 2022, 31:179-185.
- [6] Hollon T, Fredrickson V, Couldwell WT. Extent of resection research in skull base neurosurgery: previous studies and future directions[J]. World Neurosurg, 2022, 161:396-404.
- [7] Gerlach R, Modesti CL, Rampinelli V. Interdisciplinary management of skull base tumors [J]. Laryngorhinootologie, 2024, 103(S 01):S28-S42.
- [8] Yasargil MG, Antic J, Laciga R, Jain KK, Hodosh RM, Smith RD. Microsurgical pterional approach to aneurysms of the basilar bifurcation[J]. Surg Neurol, 1976, 6:83-91.
- [9] Mancini F, Marini A, Paracino R, Consorti G, Iacoangeli M, Dobran M. Fronto - orbito - zygomatic (FOZ) approach for infratemporal fossa lesions extending to middle cranial fossa: our experience and review of literature [J]. Neurol Neurochir Pol, 2022, 56:178-186.
- [10] Sindou M. Practical handbook of neurosurgery: from leading neurosurgeons[M]. Vienna: Springer Wien New York, 2009.
- [11] Di Somma A, Kong DS, de Notaris M, Moe KS, Sánchez España JC, Schwartz TH, Enseñat J. Endoscopic transorbital surgery levels of difficulty[J]. J Neurosurg, 2022, 137:1187-1190.
- [12] Zhang XB. The history, present situation and future prospect of endoscopic neurosurgery [J]. Zhongguo Xian Dai Shen Jing Ji Bing Za Zhi, 2019, 19:148-153.[张晓彪. 内镜神经外科的历史、现状及未来展望[J]. 中国现代神经疾病杂志, 2019, 19:148-153.]
- [13] Gao Y, Liu K, Lin L, Wang X, Xie L. Use of augmented reality navigation to optimise the surgical management of craniofacial fibrous dysplasia[J]. Br J Oral Maxillofac Surg, 2022, 60:162-167.
- [14] Miladinovic V, Klaver YLB, Krol ADG, Kroesen M, Verbist BM, Habraken SJM, van Furth WR, Coremans IEM. Robust IMPT and follow - up toxicity in skull base chordoma and chondrosarcoma: a single - institution clinical experience [J]. Strahlenther Onkol, 2024, 200:1066-1073.
- [15] Yu S, Yao X. Advances on immunotherapy for osteosarcoma[J]. Mol Cancer, 2024, 23:192.

(收稿日期:2025-04-15)

(本文编辑:彭一帆)

· 读者 · 作者 · 编者 ·

《中国现代神经疾病杂志》编辑部关于生成式人工智能技术的使用规定

随着 DeepSeek、ChatGPT 等生成式人工智能技术 (GenAI) 软件的广泛应用, 期刊出版界正面临学术研究与论文写作范式的重大变革, 生成式人工智能技术在自然语言处理上的卓越表现, 已成为内容产业不可或缺的生产力, 但生成式人工智能技术本身固有的人工智能 (AI) 随机与幻觉问题, 以及在学术研究和学术出版过程中逐渐暴露出的学术诚信和学术不端等问题不容忽视。为维护科研诚信, 防范学术不端, 确保科研过程和成果的真实性、准确性及透明性, 《中国现代神经疾病杂志》编辑部拟根据本刊实际并参考行业内相关声明, 对在医学科技论文写作中生成式人工智能技术的使用边界和规定如下:

1. 生成式人工智能工具不具备论文作者的基本属性, 故生成式人工智能工具及其产品、团队不可作为论文作者进行署名; 仅可在论文投稿时注明使用的生成式人工智能工具名称、使用过程、具体贡献。所有论文研究成果的学术责任仍须由人类作者独立承担。

2. 生成式人工智能工具在论文撰写中的使用边界: 本刊支持生成式人工智能工具应用于学术研究, 但仅限于选题思路、关键词推荐、语言润色、文献检索、数据整理与分析等启发式的探索或辅助环节; 但需将生成式人工智能工具生成的内容进行人工复核及验证。下述项目为生成式人工智能工具的禁用项目: 借助生成式人工智能技术直接生成论文研究框架、主体内容与核心观点, 改写既有研究成果; 虚构生成式人工智能技术使用信息或隐瞒使用情况; 伪造或捏造文献、内容与数据。

3. 生成式人工智能工具在图表方面的使用边界: 本刊接受生成式人工智能工具可用于推荐合适的统计图表类型、辅助制图, 包括但不限于影像图、病理图、基因分析图谱、森林图、手术音视频等; 但不能用于创建、改变或操纵原始研究数据、研究过程及结果等。

4. 本刊保留对新投稿以及已刊发论文中生成式人工智能技术使用情况的审查权。若经本刊检测系统质疑论文中生成式人工智能工具使用范围超过论文整体的 20%, 经编辑复核并判定后, 本刊有权进行退稿处理; 情节严重者, 将列入本刊作者学术失信名单, 2 年内禁止作者向本刊投稿。此外, 本刊也已向外审专家明确, 如若发现作者违反本规定的要求使用生成式人工智能技术, 应向编辑部回报, 并在审稿意见中明确理由。

本规定即日起试行, 后续将根据生成式人工智能技术的发展作出相应调整, 最终解释权归《中国现代神经疾病杂志》杂志社所有。