

DOI:10.11798/j.issn.1007-1520.202525006

· 鼻-鼻窦疾病专栏 ·

影像导航结合低温等离子在鼻颅底手术中的应用

王合艳^{1,2}, 李元超^{1,2}, 张兆祥^{1,2,3}, 麻晓峰^{1,2}, 刘永泽^{1,2}

(南京大学医学院附属鼓楼医院 1. 耳鼻咽喉头颈外科 江苏省医学重点学科; 2. 耳鼻咽喉研究所; 3. 影像科, 江苏南京 210008)

摘要: **目的** 探讨影像导航结合低温等离子在鼻颅底手术中的应用效果和临床经验总结。**方法** 回顾性分析 2017 年 8 月—2022 年 3 月南京大学医学院附属鼓楼医院耳鼻咽喉头颈外科收治的 7 例采用鼻内镜下影像导航结合低温等离子治疗累及鼻颅底病变患者的临床资料, 结合手术治疗及术后疗效进行综合评价。**结果** 所有患者在导航引导下准确找到病变组织并结合低温等离子技术予以切除, 手术顺利, 术后随访 33 ~ 87 个月, 均未见复发或症状加重。手术效果满意, 且术后均无眶内及颅内等严重并发症。**结论** 对于累及鼻颅底病变的患者, 影像导航结合低温等离子能够提高手术精度, 减少手术风险, 有效降低术后并发症的发生, 其为精准化治疗奠定了基础, 也证明了其在鼻颅底手术中的有效性和可行性。

关键词: 鼻内镜; 影像导航; 低温等离子; 鼻颅底手术

中图分类号: R765.9

Application of image navigation combined with low-temperature plasma in nasal skull base surgery

WANG Heyan^{1,2}, LI Yuanchao^{1,2}, ZHANG Zhaoxiang^{1,2,3}, MA Xiaofeng^{1,2}, LIU Yongze^{1,2}

(1. Department of Otolaryngology Head and Neck Surgery, Affiliated Drum Tower Hospital of Nanjing University Medical School, Jiangsu Provincial Key Medical Discipline, Nanjing 210008, China; 2. Research Institute of Otolaryngology, Affiliated Drum Tower Hospital of Nanjing University Medical School, Nanjing 210008, China; 3. Department of Radiology, Affiliated Drum Tower Hospital of Nanjing University Medical School, Nanjing 210008, China)

Abstract: **Objective** To explore the application of image navigation combined with low-temperature plasma in nasal skull base surgery and summarize our clinical experience. **Methods** A retrospective analysis was conducted on the clinical data of 7 patients with nasal skull base lesions treated via endoscopic image navigation combined with low-temperature plasma at the department of otolaryngology head and neck surgery, Nanjing Drum Tower hospital affiliated to Nanjing university medical school, from August 2017 to March 2022. Comprehensive evaluations were performed based on surgical treatment and postoperative outcomes. **Results** The lesions were accurately located under navigation guidance and smoothly removed using low-temperature plasma technology in all the patients. They were followed up for 33 to 87 months after operation, and no recurrence or symptom aggravation was observed. The surgical outcomes were satisfactory, and there were no serious postoperative complications such as orbital and intracranial ones. **Conclusions** For patients with nasal skull base lesions, the combination of image navigation and low-temperature plasma can improve surgical accuracy, reduce surgical risks, and effectively lower the occurrence of postoperative complications. which lays the foundation for precise treatment and also proves its effectiveness and feasibility in nasal skull base surgery.

Keywords: Nasal endoscope; Image navigation; Low-temperature plasma; Nasal skull base surgery

基金项目:江苏省重点研发计划(BE2023653);江苏省医学重点学科/实验室(ZDXK202243);国家自然科学基金(82471171)。
第一作者简介:王合艳,女,硕士研究生,住院医师;李元超,男,硕士,住院医师。王合艳与李元超对本文有同等贡献,为并列第一作者。
通信作者简介:刘永泽,男,博士,副主任医师;麻晓峰,男,博士,主任医师。

随着内镜技术的发展,利用内镜的角度及可移动性充分暴露颅底不同部位病变,开拓了经鼻颅底外科的新领域。鼻内镜下颅底手术作为一种高难度的手术形式,已经逐渐成为处理颅底病变的重要手段。然而,颅底病变深在,处理困难,过去长期被认为是“雷池”而被边缘化^[1]。近年来导航影像技术、显微外科技术、修复外科及低温等离子微创术等的发展,使得耳鼻咽喉头颈外科、神经外科、颌面外科医师才从不同的角度和方向走入颅底区域^[2]。影像导航技术和低温等离子技术的结合为鼻颅底手术提供了新的视角和手段,极大地提升了手术的精准性和安全性^[3]。

影像导航技术通过实时三维成像提供精确的解剖信息,帮助外科医生在复杂的解剖区域中进行精细操作,减少对正常组织的损伤。当使用手术导航系统时,术者使用特殊的手术器械连接导航主机,当器械碰触到患者的某一解剖位置时,该器械头端位置可以在术前准备好的影像资料上获得相应的解剖定位,术者可以通过变换器械位置来对患者进行术中“实时导航”^[4]。低温等离子技术则是利用低温等离子体的高能量作用,实现更加精确的切除和止血,从而降低术后并发症的风险^[5]。将这两者结合,不仅能够提高手术的可操作性,还能缩短术后恢复时间,提高患者的生活质量。

本研究旨在探讨影像导航结合低温等离子技术在鼻颅底手术中的应用效果,评估其在手术精确度、术中并发症控制、术后恢复等方面的临床表现。通过回顾性分析临床病例,总结相关经验,为鼻颅底手术的优化提供重要的支持,并为临床医生提供新的治疗策略和技术选择。

1 资料与方法

1.1 一般资料

研究对象为 2017 年 8 月—2022 年 3 月南京大

学医学院附属鼓楼医院耳鼻咽喉头颈外科收治的 7 例鼻颅底病变患者,其中男 6 例,女 1 例;年龄 28~61 岁,平均年龄 45.7 岁;病程 3 个月至 5 年。术前影像学检查均显示出不同程度的鼻窦、眼眶及颅底受累。具体临床资料见表 1。

1.2 临床表现及诊断

入组患者均经过仔细问诊、体格检查和鼻内镜、鼻窦 MRI 及 CT 等辅助检查后完成诊断。患者的主要表现为头痛、鼻塞、面部麻木、视物模糊、嗅觉减退。其中 2 例累及鼻咽部、伴翼腭窝受侵,2 例累及蝶窦,1 例病变累及左侧筛窦伴左侧眼眶内侧壁左侧内直肌及视神经受压,1 例累及鼻咽部伴周围骨质广泛破坏,1 例累及鼻咽部伴斜坡受累。

1.3 手术方法

所有患者的手术均在气管插管全麻下进行,手术均在导航辅助下鼻内镜结合等离子技术及磨钻切除病变组织。术前完成导航配置及探头注册,以便术中根据需要使用注册过的探头结合鼻内镜判断达到的精确部位。本组中 1 例为鼻咽纤维血管瘤,患者于鼻部手术前 1 d 行选择性血管栓塞术,术中在导航辅助下经鼻内镜切除鼻咽部肿物。2 例为蝶窦骨纤维异常增殖,导航辅助下经鼻内镜开放双侧后组筛窦、双侧蝶窦,等离子结合磨钻切除蝶窦新生物。1 例为骨纤维异常增殖症,累及左侧筛窦、左侧眼眶内侧壁、颅底,术中导航辅助下经鼻内镜开放鼻窦,可见窦腔内大量粗糙骨性纤维组织,切除部分鼻中隔后端,将眶周及颅底病变完全切除。1 例为鼻窦恶性肿瘤,导航辅助下定位病变范围,术中见肿瘤侵犯眼眶、筛窦、上颌窦后外侧壁、右侧蝶窦前壁,等离子结合磨钻完全去除肿物。1 例为侵袭性真菌性鼻窦炎并眶内、颅底侵犯,在导航辅助下经鼻内镜行全组鼻窦开放,等离子结合磨钻去除眶内、颅底肿物,术中结合 Draf III 型手术充分暴露额隐窝。1 例为鼻咽部脊索瘤累及颅底斜坡,在影像导航辅助下,鼻内镜下充分暴露翼内板,切除翼内板及部分翼突,

表 1 7 例患者临床资料

病例	性别	年龄	症状	病变范围	诊断
1	男	30	鼻塞、嗅觉减退	鼻咽部	鼻咽纤维血管瘤
2	男	28	头痛	双侧蝶窦	骨纤维异常增殖症
3	女	40	面部麻木	右侧蝶窦	骨纤维异常增殖症
4	男	48	嗅觉丧失、鼻塞、视力减退	左侧筛窦、左侧眼眶内侧壁、颅底	骨纤维异常增殖症
5	男	59	头痛、视力减退	右侧上颌窦、筛窦、蝶窦、眼眶	鼻窦恶性肿瘤
6	男	55	视物模糊、鼻出血、头痛	双侧蝶窦、眶周、鼻咽部、颅底	侵袭性真菌性鼻窦炎
7	男	61	鼻塞、头痛	鼻咽部、斜坡	脊索瘤

等离子完全切除肿物。所有患者均在鼻内镜下影像导航系统辅助下利用等离子系统处理病变组织,仔细辨认病变边界及鼻-眼、鼻-颅底解剖标志,注意保护眶骨膜或硬脑膜自然屏障完整、不被突破,并以此为前提尽可能地去除病变黏膜、坏死组织,达到清除病变、开放引流通道的目的。

1.4 术后处理

术后应用抗生素及对症治疗3 d,期间密切关注患者眼球运动情况及视力有无下降等眼眶并发症,密切关注患者有无脑脊液鼻漏及颅内感染等并发症。3 d后取出鼻腔填塞物并清理鼻腔。术后按时复查鼻内镜及CT。

2 结果

本组患者术中、术后均无眶内及颅内并发症,所有患者均在导航引导下准确找到病变组织并予以切除,术后随访33~87个月,均未见复发或症状加重。手术效果满意,且术后均无眶内及颅内等严重并发症。

3 典型病例

患者,男,61岁,因双侧鼻塞伴头痛6个月入院。鼻窦CT示:鼻咽部见团片状软组织密度影,边界不清,累及两侧鼻腔后部及蝶窦,邻近斜坡骨质吸收。术前MRI示鼻咽部可见不规则肿块影,增强扫描呈不均匀强化,肿块向鼻腔及海绵窦侵犯,与周围组织分界不清。鼻内镜检查见鼻咽部隆起。术前鼻内镜下活检病理提示:黏液样组织内上皮样细胞及胞浆嗜伊红染梭形及卵圆形细胞,细胞无明显异型性,核分裂像未见,倾向肌上皮源性肿瘤或混合瘤,尚不能完全排除脊索瘤可能。患者于全身麻醉下行导航辅助下经鼻内镜鼻咽部新生物探查+病变切除+双侧上颌窦、筛窦、蝶窦开放+鼻中隔后端部分切除术。术中见鼻中隔后端向后至鼻咽部均见膨隆样改变,首先充分暴露肿瘤边界,先用等离子系统消融双侧下鼻甲后端,开放双侧上颌窦、筛窦,开放并融合双侧蝶窦并切除部分鼻中隔后端以充分暴露鼻咽部。等离子刀头自右侧下鼻甲残端延续至后鼻孔穹隆上方约1 cm作为肿瘤前界,探查见蝶窦前壁骨质已被肿瘤破坏,清除蝶窦内病变后可见肿瘤向后深达斜坡骨质表面,且骨质部分破坏,磨钻磨除病变骨质。影像导航引导下沿斜坡骨质表面向下剥离病

变组织至咽鼓管圆枕,充分暴露肿瘤左右界,予以完整切除。术后病理检查符合脊索瘤。术后复查鼻窦CT及鼻内镜均显示肿物完全切除,无明显新生物残留。见图1。

4 讨论

颅底外科学是一门新兴的交叉学科,主要研究颅底的解剖结构、组织功能、生理过程以及相关疾病和创伤的发生机制。该学科还致力于探索有效的诊断手段和外科治疗方法。鼻颅底疾病是指涉及鼻腔、鼻窦及颅底区域的病变,包括肿瘤、感染和先天性异常等。本文中的鼻咽纤维血管瘤、骨纤维异常增殖症、侵袭性真菌性鼻窦炎等均属此类疾病。由于鼻颅底的解剖复杂,且其周围紧邻重要的神经和血管,手术治疗时常面临定位不精确、操作过程中可能损伤重要结构以及难以彻底切除病变等挑战。随着内镜技术的进步,利用内镜的灵活性和可视化优势,可以充分暴露颅底各部位的病变,为经鼻颅底外科手术开辟了新的天地^[2,6]。此外,影像导航技术的引入,提供了更为精准的手术定位,而等离子技术凭借其低温消融和止血特性,在减少手术创伤方面展现了独特的优势。两者的结合,有望在鼻颅底手术中提供更高的精确度和安全性,从而进一步提升手术效果^[7]。

影像导航技术在内镜鼻颅底手术中的应用始于20世纪90年代初期的国外报道,而我国则在2001年由韩德民教授首次发表了影像导航系统在鼻内镜手术中的应用研究,标志着该技术在我国鼻内镜手术领域的正式应用和发展^[8]。影像导航系统通过将患者术前的CT、MRI等多模态影像数据输入导航工作站进行三维重建,建立起患者个性化的鼻颅底解剖模型^[9]。在手术过程中,利用光学或电磁定位设备实时监控手术器械在患者体内的位置,并将其与术前重建的影像模型进行匹配和融合。通过这种方式,手术显示屏上可以实时显示手术器械与病变及周围重要结构之间的相对位置,从而实现精确的手术导航^[10]。例如,在处理颅底深部肿瘤时,影像导航系统能够准确显示肿瘤与视神经、颈内动脉等关键结构的关系,指导手术切除的边界,避免因操作不当引发严重并发症。本文中典型病例所示的侵及斜坡的脊索瘤切除中应用导航结合低温等离子技术将肿物完全切除,避免了肿物残留及并发症的发生。

影像导航的优势主要为:①精准定位病变。影

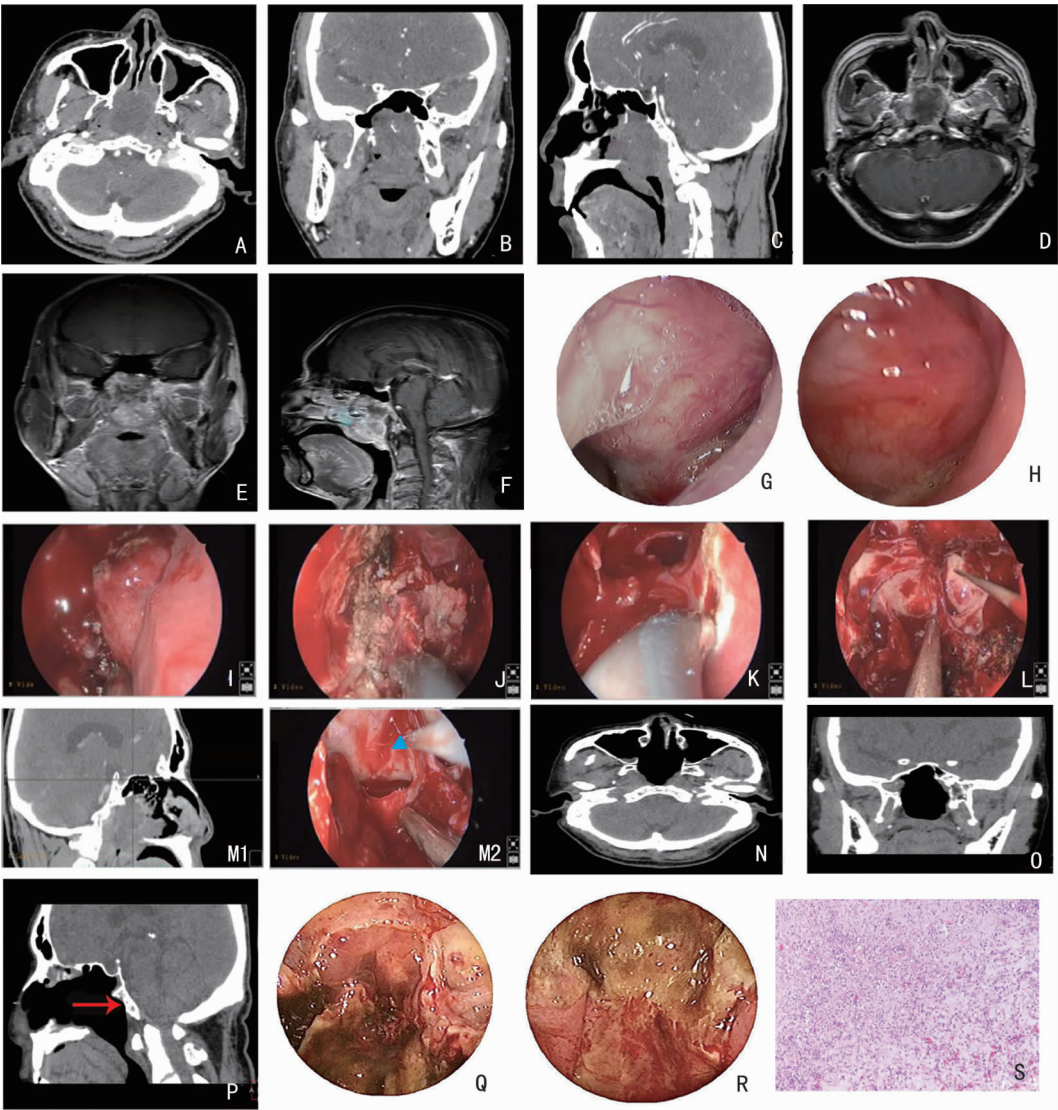


图 1 典型病例 A:术前 CT 水平位;B:术前 CT 冠状位;C:术前 CT 矢状位;D:术前 MRI 水平位;E:术前 MRI 冠状位;F:术前 MRI 矢状位;G、H:术前鼻内镜示鼻咽部巨大肿物,向鼻腔后端侵犯;I~L:术中鼻内镜示鼻咽部肿块,术中等离子切除病变组织及止血、磨钻磨除病变组织直至骨面;M:术中鼻内镜下影像导航(M1)结合等离子切除病变组织(M2),蓝色三角所示颅底骨质骨面;N~P:术后 1 周 CT 示“鼻咽部术后观”,鼻甲、蝶骨局部、鼻中隔局部缺如,无新生物残留,斜坡处新生物已完全切除(红色箭头所示);Q、R:术后 2 周复查鼻内镜,鼻咽部见伪膜附着,无明显新生物残留;S、T:术后病理结果示肿瘤细胞呈小叶状排列,周围是黏液样物质,符合脊索瘤典型特征 (S:HE ×100;T:HE ×200)

像导航能够清晰呈现鼻颅底复杂的解剖结构及病变部位,尤其是在微小病变或病变范围广泛、边界模糊时,有助于制定精确的手术计划,提高病变的彻底切除率。例如,在鼻窦颅底恶性肿瘤的手术中,导航可以精确判断肿瘤的浸润深度及范围,从而确保足够的安全切缘^[11]。②提高手术安全性。影像导航可实时显示手术器械与重要神经和血管之间的距离,降低手术风险。在经鼻蝶窦骨化纤维瘤、骨纤维异

常增殖症切除术中,导航有效避免了对海绵窦内颈动脉和脑神经的损伤,从而减少了脑脊液漏、颅内出血等严重并发症的发生^[12]。影像导航亦存在一些缺点主要为:①存在系统误差。术中由于患者体位的变化或组织移位(如鼻腔鼻窦黏膜肿胀、肿瘤切除过程中组织牵拉等),可能导致导航定位的偏差。为此,可以通过术中多点注册校正或实时更新影像数据等方法尽量减少误差的影响^[13]。②依赖术前

影像数据。若术前影像资料不完整,或者病变在手术中发生变化(如肿瘤破裂、出血掩盖病变等),则影像导航的精度会受到影响。此时,术者需结合个人经验与手术实际情况,灵活判断,避免过度依赖导航系统。

等离子技术利用射频电场使电解液(如生理盐水)形成等离子体薄层,其中带电粒子拥有足够能量以断裂组织分子键,促使组织细胞逐渐解体,从而实现组织的消融与切割。与传统的电刀和激光相比,等离子技术的工作温度较低(通常为 40 ~ 70 ℃),其热损伤范围较小,能够有效减少对周围正常组织的损害,降低术后水肿和粘连等并发症的发生。此外,等离子在消融过程中还具备止血功能,能够在切割病变组织的同时,封闭小血管,保持术中清晰的视野^[14-15]。

在鼻颅底手术中,等离子技术的应用场景主要体现在以下几个方面:首先,在病变切除中,等离子技术适用于多种鼻颅底良性病变,如鼻息肉和内翻性乳头状瘤等。尤其是在切除颅底脑膜脑膨出时,等离子技术能够精确地逐层消融膨出的脑组织和脑膜,避免对周围颅底骨质及神经血管结构造成过度损伤,从而促进术后颅底的修复与重建。对于恶性肿瘤,等离子技术可以在影像导航的引导下进行精细切除,不仅保证了肿瘤的完全切除,同时最大限度保留了正常组织功能^[7]。其次,等离子技术在鼻颅底手术中的止血作用尤为重要。在进行鼻中隔偏曲矫正伴随鼻出血的手术,或者在鼻窦手术中遇到动脉性出血时,等离子技术可迅速凝固出血点,有效控制出血。在复杂的颅底解剖结构中,传统止血方法可能存在一定困难,而等离子技术在这种情况下展现了独特优势。与传统电动切割器相比,等离子技术在切割的精细度和精准性方面具有明显优势,特别是在处理颅底一些精细结构周围的病变时,其效果更加显著。此外,与电凝止血相比,等离子技术的止血作用更加温和,热传导更小,有助于减少因过度电凝引起的组织坏死或穿孔等并发症^[14,16]。然而,尽管低温等离子技术在鼻颅底手术中展现了诸多优势,但仍存在一些局限性。例如,对于无法暴露基底的肿瘤,仅依靠等离子刀进行切除可能较为困难。对于广泛侵及鼻窦的肿瘤(如起源于上颌窦外下方或前下方的肿瘤),由于刀头的弯曲程度所限,难以

到达肿瘤部位,因此难以彻底切除窦腔肿瘤^[17]。

综上所述,影像导航与等离子技术的结合在鼻颅底手术中展现了独特的优势。两者相互补充、协同作用,能够显著提高手术的精准性、安全性和有效性,减少术中创伤与并发症的发生,为鼻颅底疾病的治疗提供了新的技术手段。然而,在实际应用过程中,仍需不断优化影像导航系统的准确性,完善等离子技术的操作规范,并加强术者对这两种技术的熟练掌握和综合运用能力,进一步推动鼻颅底外科手术技术的发展。

参考文献:

[1] Jarmula J, de Andrade EJ, Kshetry VR, et al. The current state of visualization techniques in endoscopic skull base surgery[J]. Brain Sci, 2022,12(10):1337.

[2] 王成硕,张罗. 内镜鼻颅底外科发展思考[J]. 中国耳鼻咽喉头颈外科,2022,29(4):205-206.

[3] Barber SR. New navigation approaches for endoscopic lateral skull base surgery[J]. Otolaryngol Clin North Am,2021,54(1):175-187.

[4] Liu Y, Yu H, Zhen H. Navigation-assisted, endonasal, endoscopic optic nerve decompression for the treatment of nontraumatic optic neuropathy[J]. J Craniomaxillofac Surg,2019,47(2):328-333.

[5] Von Woedtke T, Emmert S, Metelmann HR, et al. Perspectives on cold atmospheric plasma (CAP) applications in medicine[J]. Phys Plasma, 2020,27(7):070601.

[6] Wang EW, Zanation AM, Gardner PA, et al. ICAR: endoscopic skull-base surgery[J]. Int Forum Allergy Rhinol,2019,9(S3):S145-S365.

[7] 袁璇,章华,蒋卫红. 内镜下经鼻确诊眼眶颅底炎性假瘤一例[J]. 中华耳鼻咽喉头颈外科杂志,2021,56(3):292-294.

[8] 韩德民,周兵,葛文彤,等. 影像导航系统在鼻内窥镜手术中的应用[J]. 中华耳鼻咽喉科杂志,2001,(2):48-50,90.

[9] 邸斌,吴彦桥,李军,等. 影像导航技术在鼻及颅底和鼻眼相关疾病内镜手术中的应用[J]. 山东大学耳鼻喉眼学报,2017,31(2):25-30.

[10] Thota R, Kumar R, Kumar R, et al. Navigation-assisted endonasal endoscopic optic nerve decompression in fibrous dysplasia[J]. BMJ Case Rep,2019,12(12):e230621.

[11] Batra PS, Manes RP, Ryan MW, et al. Prospective evaluation of intraoperative computed tomography imaging for endoscopic sinonasal and skull-base surgery[J]. Int Forum Allergy Rhinol,2011,1(6):481-487.

[12] 李沁轩,袁璇,谢邵兵,等. 眶尖神经鞘瘤内镜手术切除疗效分析及术中神经保护策略[J]. 中国耳鼻咽喉颅底外科杂志,

2024,30(3):81-85.

[13] 王彦君,刘启桐,杜晶艳,等.以颅骨体表骨性结构为配准标定点的方法在鼻内镜导航手术中的应用[J].中国耳鼻咽喉头颈外科,2021,28(8):472-475.

[14] Vuncannon JR, Wise SK. Hemostasis in endoscopic sinus and skull base surgery[J]. Curr Opin Otolaryngol Head Neck Surg, 2023,31(1):33-38.

[15] Karthik C, Samgadharan SC, Thomas V. Low-temperature plasma techniques in biomedical applications and therapeutics: An overview[J]. Int J Mol Sci,2023,25(1):524.

[16] 纪尧峰,赵振鹿,周钦,等.低温等离子微创治疗儿童梨状窝瘘[J].临床耳鼻咽喉头颈外科杂志,2019,33(5):461-463.

[17] 刘永泽,陈峰,张思思,等.鼻内镜下鼻窦骨纤维异常增殖症累

及颅底或眼眶的手术治疗[J].中国耳鼻咽喉颅底外科杂志, 2021,27(5):553-558.

(收稿日期:2025-01-04)

本文引用格式:王合艳,李元超,张兆祥,等.影像导航结合低温等离子在鼻颅底手术中的应用[J].中国耳鼻咽喉颅底外科杂志, 2025,31(3):17-22. DOI: 10.11798/j.issn.1007-1520.202525006

Cite this article as:WANG Heyan, LI Yuanchao, ZHANG Zhaoxiang, et al. Application of image navigation combined with low-temperature plasma in nasal skull base surgery[J]. Chin J Otorhinolaryngol Skull Base Surg, 2025, 31(3):17-22. DOI: 10.11798/j.issn.1007-1520.202525006

· 消息 ·

远程投稿、查稿系统

本刊采用远程稿件采编系统进行投稿、查稿等,现就有关问题说明如下。

1. 作者投稿:登陆在线投稿系统(中文版),按操作提示投稿。第一次需先注册,原则上不再受理邮寄稿件和 Email 稿件。

2. 稿件查询:使用作者注册用户名和密码,可查询作者稿件审理进程和费用信息等。

3. 有关投稿要求,请登陆本刊网站浏览。本刊唯一指定官方网站:<http://www.xyosbs.com>