

光学影像导航系统在疑难鼻内镜手术中的应用*

李 涛 朱 丽** 刘俊秀 胡伟倪 鲁兆毅 徐驰宇 谢立峰 刘 畅

(北京大学第三医院耳鼻咽喉科, 北京 100191)

【摘要】 目的 探讨光学影像导航系统在疑难鼻内镜手术中的应用价值。 **方法** 2012 年 10 月~2016 年 6 月我科在光学影像导航系统引导下行 32 例疑难鼻内镜手术。术前常规检查及鼻窦 CT 扫描, 其中 3 例加行鼻窦核磁扫描, 将 CT 及核磁影像数据输入影像导航系统进行三维重建。全麻后术中行头部标记配准及面部轮廓注册, 保证导航手术器械实际位置偏离导航影像位置 ≤ 1 mm。鼻内镜下进行手术操作, 遇到需要定位的结构时, 将有定位导航手术器械置于靶点, 在导航显示器上进行定位。 **结果** 影像导航术前准备时间 14~37 min, 平均 24.4 min。5 例(15.6%) 术中出现较明显误差(误差 > 1 mm), 均及时发现并纠正。3 例术后额部固定头颅定位架的相应部位出现皮肤局部充血, 次日均恢复正常。32 例手术过程顺利, 无明显术中、术后并发症。术中对颅底、眶纸板、筛前动脉、视神经管、额窦、蝶窦开口等重要结构精确定位 100%。7 例肿瘤、4 例鼻眼相关疾病、15 例慢性鼻窦炎、2 例鼻窦骨瘤、3 例蝶窦囊肿病变清理彻底, 1 例脑脊液鼻漏修补成功。32 例术后随访 6~12 个月, 局部无复发。 **结论** 影像导航技术可以提高疑难复杂病例鼻内镜手术的安全性、精确性及病变清除的彻底性, 尤其适用于鼻窦解剖变异、修正手术后解剖标志不清、鼻腔鼻窦肿物范围较广或伴眶、颅底侵犯者。

【关键词】 影像导航系统; 鼻内镜手术; 鼻科疾病

文献标识:A 文章编号:1009-6604(2018)01-0050-05

doi:10.3969/j.issn.1009-6604.2018.01.014

Application of Optical Image-guided System in Complex Endoscopic Sinus Surgery Li Tao, Zhu Li, Liu Junxiu, et al.

Department of Otolaryngology, Peking University Third Hospital, Beijing 100191, China

Corresponding author: Zhu Li, E-mail: prlizhu@qq.com

【Abstract】 Objective To discuss the application of optical image guided system in the endoscopic sinus surgery. **Methods** Under the guidance of optical image guided system, endoscopic sinus operations were performed in 32 complex cases from October 2012 to June 2016. All of the 32 patients underwent preoperative routine examination and sinus CT scan before surgery, and 3 of the patients underwent additional sinus MRI scan. The CT and MRI data were inputted navigation system for 3D reconstruction. During the operation, head marker registration and facial contour registration were done after general anesthesia to make sure the distance between actual position of surgical instruments and navigation image position ≤ 1 mm. When endoscopic surgery was performed, a positioning navigation surgical instrument was placed at a target and positioned on a navigation display when a structure was required to be positioned. **Results** The average preoperative preparation time for image-guided surgery was 14-37 min (mean, 24.4 min). Obvious deviations (> 1 mm) during navigation were found in 5 cases (15.6%) and were corrected in time. Local congestion of the forehead skin appeared in 3 cases and return to normal on the next day. All of the 32 cases were successfully operated without intraoperative or postoperative complications. Critical structures were successfully recognized and located (100%) during operations, such as skull base, orbital papyracea, arteriae ethmoidalis anterior, canales opticus, and drainage openings of frontal and sphenoid sinus. In 7 tumor cases, 4 orbital invasion cases, 15 chronic sinusitis cases, 2 sinus osteoma cases, and 3 sphenoid sinus cyst cases, lesions were removed radically. In the cerebrospinal rhinorrhea case, the rhinorrhea was successfully repaired with the help of image guided system. During postoperative follow-ups for 6-12 months, there was no recurrence in these cases. **Conclusion** Image guided system can improve the safety, accuracy and thoroughness of complex cases of endoscopic sinus surgery, especially in the sinus anatomic variation cases, re-operation cases, and cases with extensive sinonasal mass or with orbital/skull base invasion.

【Key Words】 Image guided system; Endoscopic sinus surgery; Nasal diseases

* 基金项目:国家自然科学基金(61473278,21402004)

** 通讯作者, E-mail: prlizhu@qq.com

鼻内镜手术已广泛应用于各类鼻科疾病的治疗^[1],治疗范围除常规的鼻腔鼻窦疾病外,还涉及到眼眶、鼻咽、鼻颅底等领域^[2,3]。虽然目前鼻内镜手术技术成熟,但由于鼻内镜具有鱼眼效应及显示器的二维显示等特点,如果术者经验不足容易在术中丧失层次感而迷失方向;加之鼻腔鼻窦解剖结构复杂及患者个体性差异较大,有损伤血管而导致术中大量出血可能;当病变涉及到眼眶、颅底等解剖结构时,对术中解剖结构的掌控更为重要,进行眼眶及鼻颅底等部位操作时有可能出现眶纸板、视神经损伤及脑脊液鼻漏等并发症^[4]。两次或多次鼻窦手术后,由于正常解剖结构消失,增大手术难度,上述主要并发症发生的概率进一步增加^[5]。如果术者为防止出现并发症而操作保守,存在病变清理不彻底的可能。为更好地解决上述问题,影像导航系统(Image Guided System)被引入鼻内镜外科领域^[6]。我院耳鼻咽喉科 2012 年 10 月~2016 年 6 月在 32 例疑难鼻内镜手术中应用耳鼻咽喉光学影像导航系统,报道如下。

1 临床资料与方法

1.1 一般资料

本组 32 例,男 22 例,女 10 例。年龄 17~66 岁,平均 44 岁。临床症状主要包括鼻塞(22 例)、流脓涕(18 例)、涕中带血(12 例)、面部麻木(7 例)、头痛(18 例)、嗅觉下降(19 例)、眼眶部疼痛(3 例)、复视(3 例)、视力下降(4 例)及清水样鼻漏(1 例)等。体格检查包括鼻腔内新生物(7 例)、眶周红肿(2 例)、病变侧眼球运动受限(3 例)、鼻腔内可见息肉样变(10 例)、脓性分泌物(18 例)、鼻腔可见清亮液体(1 例)等。术前诊断:鼻腔鼻窦良恶性肿瘤 7 例,鼻眼相关疾病 4 例,慢性鼻窦炎Ⅱ、Ⅲ型 15 例,鼻窦骨瘤 2 例,蝶窦囊肿 3 例,脑脊液鼻漏 1 例。

病例选择标准:有手术指征的非常规疑难鼻内镜手术,包括伴有解剖变异、病变广泛的鼻息肉型鼻窦炎,鼻窦炎Ⅲ型,鼻腔鼻窦良恶性肿瘤,侵犯颅底、眶内的病变。术前均充分告知患者及家属影像导航的原理及适应证,患者及家属均同意术中使用影像导航系统。

1.2 方法

1.2.1 仪器设备 耳鼻咽喉红外线光学影像导航系统[Stealth Station TREON plus treatment guidance system; Medtronic Navigation, Inc., Louisville, CO 80027 USA,批文号:国食药监械(进)字 2008 第 3541592 号]。鼻内镜(IMAGE 1 HD,德国 Karl Storz 公司)及与之配套的鼻科手术器械。

1.2.2 手术方法

1.2.2.1 术前准备 术前常规行胸片、心电图、血常规、凝血功能、生化检查及免疫检查等,并行鼻窦 CT 扫描(扫描参数:连续不间断的水平位扫描,层厚 0.75 mm 的单一序列,输出格式为 DICOM 格式),其中 3 例加行鼻窦核磁扫描。将 CT 及核磁影像的数据在术前一天通过医院内网络传输入导航系统进行三维重建,同时进行 CT 及核磁的影像融合。

1.2.2.2 术前导航准备 全麻后双眼部贴膜,消毒,范围上至发迹,下至锁骨。导航开机后,启动相应软件,将带有 4 个反射定位球的颅脑定位架固定于患者头部完成头部标记,将红外线摄像头的位置调整至合适位置(1~1.5 m 距离)后进行头部标记的配准及面部轮廓注册,注册及使用导航过程中保持颅脑定位架、导航手术器械与红外线摄像头间无遮挡物。注册后便可完成术区实际位置与导航仪中三维影像学图像的一一对应,导航手术器械的相对空间位置经导航仪空间定位设备的捕捉和处理能在导航显示器上实时显示,可以据此判断术中实时所处的解剖位置。

1.2.2.3 定位精度测定 注册完成后常规铺巾,连接鼻内镜。在鼻内镜引导下用导航手术器械分别在鼻尖、鼻中隔软骨前缘、中鼻甲根部、下鼻甲前缘等位置确认器械的实际位置与导航影像之间的误差,若导航手术器械实际位置偏离导航影像位置 > 1 mm,重新配准注册或标定误差值并纠正。

1.2.2.4 术中应用 鼻内镜下进行常规手术操作,遇到需要定位的结构时,将有定位导航手术器械置于靶点,在导航显示器上进行定位。

2 结果

2.1 影像导航使用情况

影像导航手术准备时间(主要包括头架定位、配准及注册等过程)14~37 min,平均 24.4 min。定位精度(实际解剖标志与导航影像之间的距离以 1 mm 为分界线):误差 ≤ 1 mm 27 例(84.4%),误差 > 1 mm 5 例(15.6%)。术中对颅底、眶纸板(图 1)、筛前动脉、视神经管(图 2)、额窦、蝶窦开口等重要结构精确定位 100%。无误损伤筛前动脉、颈内动脉、眶纸板、视神经、颅底等重要结构。3 例由于影像导航过程中额部固定头架定位架的相应部位术后出现皮肤充血,次日皮肤恢复正常。

2.2 手术情况

7 例鼻腔鼻窦良恶性肿瘤行影像导航鼻内镜下鼻窦开放、鼻腔鼻窦肿瘤切除术,恶性肿瘤根据其病理类型术后行放化疗;4 例鼻眼相关疾病行影像导航鼻内镜下鼻窦开放、眶内/视神经周围病变去除

术;15 例慢性鼻窦炎行影像导航鼻内镜下鼻窦开放、鼻窦内病变去除术;2 例鼻窦骨瘤行影像导航鼻内镜下鼻窦开放、鼻窦骨瘤切除术;1 例蝶窦旁隐窝脑脊液鼻漏行影像导航鼻内镜下鼻窦开放、脑脊液鼻漏修补术。7 例鼻腔鼻窦良恶性肿瘤、4 例鼻眼相关疾病、15 例慢性鼻窦炎(图 3)、2 例鼻窦骨瘤、3 例蝶窦囊肿病变清理彻底,1 例脑脊液鼻漏修补成功。

术后病理:鼻腔鼻窦良恶性肿瘤 7 例,其中内翻性乳头状瘤术后复发 3 例、鼻窦小细胞内分泌癌 1 例、鼻窦梭形细胞瘤 1 例、鼻窦软骨肉瘤 1 例、鼻腔乳头状腺癌 1 例;鼻眼相关疾病 4 例,其中眶骨膜下囊肿 1 例、鼻窦炎合并眶内感染 2 例、前床突气化合并感染致视神经炎 1 例;慢性鼻窦炎 15 例,其中慢性鼻窦炎 II 型伴解剖变异 5 例、慢性鼻窦炎 III 型 5 例、真菌性蝶窦炎 5 例;鼻窦骨瘤 2 例;蝶窦囊肿 3 例;蝶窦旁隐窝脑脊液鼻漏 1 例。

2.3 随访情况

32 例术后随访 6~12 个月,平均 9 个月:7 例肿瘤术腔局部无复发;4 例眶内病变无复发,视神经减压术后光感及视力提高;14 例慢性鼻窦炎治愈,1 例慢性鼻窦炎 III 型术后由于第 VIII 凝血因子低下鼻内镜换药受限导致术后 2 个月复发,再次手术时应用影像导航系统在鼻内镜下再次扩大额窦开口,术后无复发;2 例鼻窦骨瘤、3 例蝶窦囊肿、1 例脑脊液鼻漏修补术后无复发。

3 讨论

影像导航系统是利用特殊设计的计算机软件,将患者术前 CT 或核磁共振成像图像进行三维重建,并通过术中定位系统对手术器械在术野中的位置进行精确定位,术者可以实时参照显示在导航监视器上的三维影像(水平位、矢状位、冠状位)观察到术中手术器械的实际位置^[7]。近年来,影像导航系统越来越多地应用于鼻内镜手术中^[8]。根据工作原理的不同,临床中常用的影像导航系统可分为光学和电磁导航系统。光学导航利用光学信号进行定位,而电磁导航利用电磁场信号定位,两者均适用于鼻科手术,但各有优缺点。本研究采用的光学导航,较电磁导航具有导航手术器械无线化、不易受其他金属器械或植入体(如巾钳、心脏起搏器、人工耳蜗等)干扰等优点,但有头部定位架体积较大、摄像头与导航手术器械间光学信号容易受遮挡而影响定位等缺点^[9]。一项 2013 年 meta 分析^[10]显示,影像导航系统应用于鼻内镜手术可以降低手术的严重及总体并发症。由于鼻内镜手术技术的普及以及手术

医师水平的提高,Ramakrishnan 等^[11]认为影像导航系统在特定复杂的鼻内镜手术中有优势,在常规病例中不推荐使用导航系统。本研究中影像导航系统只在鼻窦解剖变异、修正手术后解剖标志不清、鼻腔鼻窦肿瘤范围较广或伴眶、颅底侵犯等疑难鼻内镜手术中应用。

在一些难以精确定位病变位置的疑难病例中,影像导航系统在手术中起到决定性作用。在这些病例中,单纯应用鼻内镜手术风险高,存在不能精确定位病变,手术难以进行的可能。影像导航可在术中实时精确定位,显示手术边界及重要结构^[12-14]。在图 2 中,患者眶骨膜下囊肿位置深在,传统鼻内镜手术精确定位困难,利用影像导航术中可以较快速并精确地开放纸板确定眶骨膜下囊肿的位置并处理。图 3 中,由于患者存在前床突气化,视神经管与前床突气房关系密切,患者左眼渐进性视力下降,考虑为视神经被炎症机械性压迫及炎症侵犯同时作用。本例术中应用导航影像系统,精确定位前床突气房并将其开放引流,避免视神经损伤及脑脊液鼻漏的发生。

在骨瘤、炎症修正、脑脊液鼻漏及鼻窦肿瘤等疑难病例中,影像导航对鼻内镜手术的成功进行提供很大的帮助。在鼻窦内骨瘤手术中,如果没有影像导航系统,很难在不损伤周围结构的情况下确定边界将骨瘤彻底切除^[15]。本组 2 例骨瘤,由于骨瘤在鼻窦中范围较大,单纯鼻内镜下切除难以确定边界,通过影像导航引导下可以将病变彻底切除并避免周围结构的损伤。本组 1 例脑脊液鼻漏,采用影像导航系统有助于定位隐蔽部位的脑脊液漏口,可在术中精确定位瘘口并修补。炎症性修正手术由于解剖学标志缺失、瘢痕粘连、炎症反应重、好伴发骨炎、易出血,因此,术中常迷失方向感,病变清理摸索进行,重要结构如脑板、眶纸样板、筛前动脉及视神经位置不易确定,影响病变的彻底清理,容易出现并发症。影像导航有助于在炎症修正手术中辨别重要结构,减少并发症的发生^[16]。图 2 患者行炎症修正术,双侧视神经管悬空暴露于 Onodi 气房内,由于既往多次鼻窦手术史而解剖标志不清,极易造成损伤。术中利用影像导航,准确定位视神经管,重点对其进行保护,并对周围病变进行彻底清理。对于鼻腔鼻窦肿瘤,因病变侵蚀压迫失去正常解剖学标志,如果病变邻近或侵犯眼眶或颅底则手术风险更大。利用影像导航系统可以协助辨别肿物边界,确保病变彻底切除并防止出现并发症。鼻内镜下导航系统的应用对于侵犯眼眶及颅底的鼻窦病变是一个安全有效的方法^[17]。

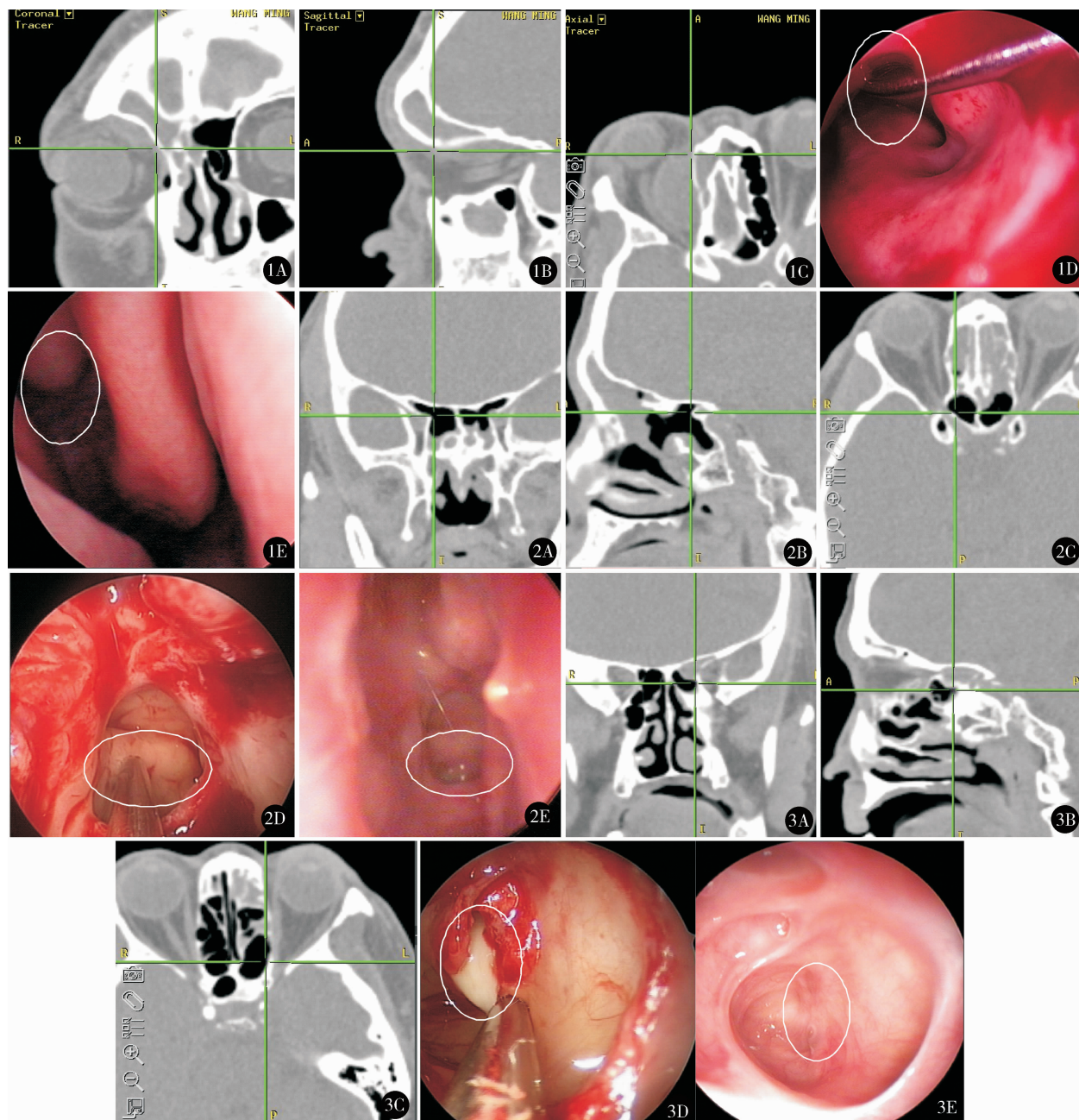


图 1 男, 23 岁, 主因间断右眼肿痛 1 个月, 右侧头痛 1 周入院, 诊断为额窦囊肿(右)、眶骨膜下囊肿(右)、慢性鼻窦炎。全麻行影像导航内镜下行右侧额窦、筛窦、上颌窦开放、鼻窦内病变清除术, 右侧眶内病变清除术。术中影像导航 CT 图像分别从冠状位(1A)、矢状位(1B)及水平位(1C)显示已经进入眶骨膜下囊肿内。术中实时鼻内镜影像(1D)中导航器械末端及白色圈内所指位置为 1A、1B、1C 图中导航标示位置。术后患者无视觉下降及复视, 术后随访 1 年无复发。1E. 术后 2 个月鼻内镜术后复查, 白色圈内位置为术中导航位置 图 2 男, 56 岁, 主因间断双侧鼻塞伴嗅觉下降 6 年入院, 既往外院行鼻内镜下鼻窦手术, 诊断为慢性鼻窦炎 III 型。入院后全麻下行影像导航鼻内镜下鼻窦开放, 鼻窦内病变去除术。术中影像导航 CT 图像分别从冠状位(2A)、矢状位(2B)及水平位(2C)定位显示右侧 Onodi 气房内穿行的视神经管位置, 术中同步鼻内镜图像(2D)中吸引器末端及箭头所示凸起的结构为 2A、2B、2C 图中导航标示的右侧视神经管。术后患者鼻塞消失, 嗅觉提高, 随访 6 个月无复发。2E. 术后 2 个月鼻内镜术后复查, 白色圈内位置为术中导航右侧视神经管位置 图 3 女, 60 岁, 主因双侧鼻窦术后 12 年, 左视力下降伴双侧鼻塞、脓涕 2 个月入院, 术前诊断为前床突气化合并感染(左)、视神经炎(左)、慢性鼻窦炎 III 型。术中影像导航 CT 图像分别从冠状位(3A)、矢状位(3B)及水平位(3C)定位前床突气房, 将其开放, 术中实时鼻内镜影像(3D)吸引器末端指示位置为 3A、3B、3C 图中导航标示位置。3D. 白色圈内所指位置为开放前床突气房后有黄白色脓性分泌物流出。术后当日患者左眼由无光感提高到可见光感, 此后视力逐步恢复。术后随访 12 个月, 左眼视力稳定于可见眼前手动, 鼻窦术腔完全上皮化, 未见病变复发, 眼底检查未见异常。3E. 术后 1 年鼻内镜术后复查, 白色圈内位置为前床突气房

影像导航术中定位作用在一些解剖结构异常的常规鼻内镜手术中是重要补充。在解剖结构异常的慢性鼻窦炎Ⅱ型中,利用影像学导航可以在避免损伤眶纸板及颅底脑板的前提下快速有效地开放额窦、筛窦,提高手术的安全性及病变清理的彻底性,缩短手术时间^[18]。

影像导航系统同时也是一种很好的教学手段,对下级医师的培养及教学工作有非常大的帮助,术中可以直观了解鼻腔鼻窦解剖位置的三维影像,提高下级医师对解剖结构、手术过程的理解和认识。在美国一些医院也以此作为对下级医师的一个非常出色的培训教学手段,同时上级医师也不同程度受益^[11]。

影像导航使用过程中应注意的以下环节:①术前鼻窦 CT 扫描尽可能层厚小,层厚越小导入导航系统重建时显示细节越清楚。我院扫描层厚为 0.75 mm。②少数病例术中手术实际位置和影像导航之间存在明显误差(>1 mm),分析原因主要在于配准和注册的环节。如果颅脑定位架固定过松或固定带脱落就会造成定位架与头颅产生相对位移而造成误差,此时应该重新配准及注册;在注册过程中面部轮廓多处取点时,如果导航探针对面部软组织压力过大会造成局部凹陷变形而造成误差,应用探针轻轻接触面部软组织,尽量避免软组织受压形变以保证注册环节的精确性。一旦注册完成,由于颅脑定位架与患者头颅之间的相对位置恒定,术中患者头位移动不会对影像导航的精准度有影响。③术中为充分固定颅脑定位架会将其固定过紧而造成局部额部皮肤压力局部充血。但由于定位架和额部皮肤间有大面积医用硅胶衬垫缓冲保护,术后第 2 天均恢复正常,未出现局部皮肤破损及坏死的情况。

影像导航系统的使用还存在以下问题:①术前需要注册而延长麻醉时间。开始使用影像导航系统时操作尚不熟练,准备时间相对较长(最长 37 min),随着使用次数的增多,术前准备时间明显减少(最短 14 min)。但对于疑难复杂或解剖结构异常的病例,鼻内镜术中使用影像导航系统协助确认重要结构,经确认后进行下一步操作,减少术中辨识解剖标志的时间,在一定程度上加快操作进程。②影像导航费用虽然增加患者的住院费用,但对于疑难复杂病例,同时提高手术的安全性和病变清除的彻底性,避免手术并发症的发生,减少患者术中的出血量及术后复发的概率,同时医疗保险对影像导航费用的覆盖,对患者来说总体收益是提高了。

影像导航系统虽然具有上述优势,但有由于误差而造成术中实际解剖位置和导航影像显示位置不一致的可能,因此,术中完全依赖导航不可取。导航

设备的应用应建立在手术医师熟练和全面的阅片能力、对解剖结构有深刻理解及丰富的手术经验的基础之上,唯此才能不被误导,保证手术安全进行。

参考文献

- 1 Lund VJ, Wei WJ. Endoscopic surgery for malignant sinonasal tumours: an eighteen year experience. *Rhinology*, 2015, 53 (3): 204 – 211.
- 2 郝学静,李亮,陈雷. 内镜经鼻手术治疗侵及眼眶的鼻窦恶性肿瘤 34 例临床分析. *中华耳鼻咽喉头颈外科杂志*, 2016, 51 (6): 423 – 427.
- 3 Zwaqerman NT, Zenonos G, Lieber S, et al. Endoscopic transnasal skull base surgery: pushing the boundaries. *J Neurooncol*, 2016, 130 (2): 319 – 330.
- 4 Stankiewicz JA, Lal D, Connor M, Welch K. Complications in endoscopic sinus surgery for chronic rhinosinusitis: a 25-year experience. *Laryngoscope*, 2011, 121 (12): 2684 – 2701.
- 5 Krings JG, Kallogieri D, Wineland A. Complications of primary and revision functional endoscopic sinus surgery for chronic rhinosinusitis. *Laryngoscope*, 2014, 124 (4): 838 – 845.
- 6 Masterson L, Agalato E, Pearson C. Image-guided sinus surgery: practical and financial experiences from a UK centre 2001 – 2009. *J Laryngol Otol*, 2012, 126 (12): 1224 – 1230.
- 7 Justice JM, Orlandi RR. An update on attitudes and use of image-guided surgery. *Int Forum Allergy Rhinol*, 2012, 2 (2): 155 – 159.
- 8 Ramakrishnan VR, Orlandi RR, Citardi MJ, et al. The use of image-guided surgery in endoscopic sinus surgery: an evidence-based review with recommendations. *Int Forum Allergy Rhinol*, 2013, 3 (3): 236 – 241.
- 9 Samarakkody ZM, Abdullah B. The use of image guided navigational tracking systems for endoscopic sinus surgery and skull base surgery: A review. *Egyptian Journal of Ear Nose Throat & Allied Sciences*, 2016, 17 (3): 133 – 137.
- 10 Dalgorf DM, Sacks R, Wormald PJ, et al. Image-guided surgery influences perioperative morbidity from endoscopic sinus surgery: A systematic review and meta-analysis. *Otolaryngol Head Neck Surg*, 2013, 149 (1): 17 – 29.
- 11 Ramakrishnan VR, Kingdom TT. Does Image-guided surgery reduce complications? *Otolaryngol Clin North Am*, 2015, 48 (5): 851 – 859.
- 12 Citardi MJ, Batra PS. Intraoperative surgical navigation for endoscopic sinus surgery: rationale and indications. *Curr Opin Otolaryngol Head Neck Surg*, 2007, 15 (1): 23 – 27.
- 13 Batra PS, Kanowitz SJ, Citardi MJ. Clinical utility of intraoperative volume computed tomography scanner for endoscopic sinonasal and skull base procedures. *Am J Rhinol*, 2008, 22 (5): 511 – 515.
- 14 Wise SK, Harvey RJ, Goddard JC, et al. Combined image guidance and intraoperative computed tomography in facilitating endoscopic orientation within and around the paranasal sinuses. *Am J Rhinol*, 2008, 22 (6): 635 – 641.
- 15 Wong WK, Matsuaki Y, Omura K, et al. Role of intraoperative CT-updates during image-guided endoscopic sinus surgery for sinonasal fibro-osseous lesions. *Auris Nasus Larynx*, 2011, 38 (5): 628 – 631.
- 16 Hepworth EJ, Bucknor M, Patel A, et al. Nationwide survey on the use of image-guided functional endoscopic sinus surgery. *Otolaryngol Head Neck Surg*, 2006, 135 (1): 68 – 73.
- 17 Al-Qudah M. Image-guided sinus surgery in sinonasal pathologies with skull base/orbital erosion. *J Craniofac Surg*, 2015, 26 (5): 1606 – 1608.
- 18 Strauss G, Koulechov K, Röttger S. Evaluation of a navigation system for ENT with surgical efficiency criteria. *Laryngoscope*, 2006, 116 (4): 564 – 572.

(收稿日期: 2017-06-30)

(修回日期: 2017-10-14)

(责任编辑: 李贺琼)