

DOI: 10.12235/E20210791

文章编号: 1007-1989 (2022) 11-0077-06

论 著

3D-Slicer 软件在神经内镜经鼻蝶入路垂体腺瘤 手术中的应用*

龙潮新, 郭铭, 官春城, 冯金福, 罗文韬, 梁晓华, 李平安

(粤北人民医院 神经外科二区, 广东 韶关 512026)

摘要: **目的** 探讨3D-Slicer软件辅助神经内镜经鼻蝶入路垂体腺瘤手术的疗效与价值。**方法** 28例垂体腺瘤患者行头颅CT和头颅MRI检查, 将影像数据输入3D-Slicer软件, 对蝶窦、鞍区骨性结构、垂体腺瘤及颈内动脉、视神经结构进行三维重建, 并行术前规划, 判断神经血管和肿瘤的空间关系, 模拟磨除鞍底的过程, 将重建图像与术中图像进行比较, 评价两者吻合程度, 记录术后并发症和疗效。**结果** 所有患者的三维重建图像中, 蝶窦、鞍区骨性结构、垂体腺瘤及神经血管均可清晰显示, 与术中内镜下实际图像高度匹配, 能准确识别重要结构, 并规划出鞍底骨窗的合适范围。所有患者手术过程顺利, 术后均未发生严重并发症。**结论** 3D-Slicer软件运用于神经内镜下经鼻蝶入路垂体腺瘤手术, 有助于术前明确显示蝶窦、蝶鞍、肿瘤与神经血管的空间关系, 可帮助提高手术安全性与手术效率。

关键词: 3D-Slicer软件; 神经内镜; 垂体腺瘤; 应用

中图分类号: R736.4

Clinical application of 3D-Slicer software in endoscopic transsphenoidal surgery for pituitary adenoma*

Chao-xin Long, Ming Guo, Chun-cheng Guan, Jin-fu Feng, Wen-tao Luo, Xiao-hua Liang, Ping-an Li
(Department of Neurosurgery, Yuebei People's Hospital, Shaoguan, Guangdong 512026, China)

Abstract: **Objective** To evaluate the practical efficacy and value of 3D-Slicer software assisted endoscopic transsphenoidal surgery for pituitary adenoma. **Methods** There were 28 patients with pituitary adenoma included. Their image data were input into 3D-Slicer software. The three-dimensional reconstruction of sphenoid sinus, sellar region, pituitary adenoma, internal carotid artery and optic nerve were performed. Preoperative planning was performed to determine the spatial relationship among these structures. The process of removing sellar bottom was simulated. The reconstructed images were compared with intraoperative images to evaluate the degree of anastomosis and the postoperative complications. **Results** The three-dimensional reconstructed images of all patients showed clear visualization of the sphenoid sinuses, the bony structures of the sellar region, the pituitary adenoma, and the neurovasculature, which were well matched with the actual intraoperative endoscopic images and could accurately identify the important structures and plan out the appropriate extent of the bone window of the sellar base. All surgical patients have successfully completed the procedure, and none developed severe comorbidities after surgery. **Conclusion** The application of 3D-Slicer software in transsphenoidal endoscopic surgery of pituitary

收稿日期: 2021-12-28

* 基金项目: 广东省医学科学技术研究基金项目 (No: B2021422); 韶关市卫生健康科研计划项目 (No: Y21149); 韶关市科技计划项目 (No: 210802174538706)

[通信作者] 郭铭, E-mail: 138339988@qq.com

adenoma is helpful to visualize the spatial relationship between sphenoid sinus, sellar region, tumor and blood vessels and nerves, and improve the safety and effectiveness of surgery.

Keywords: 3D-Slicer software; neuroendoscope; pituitary adenoma; applications

垂体腺瘤约占颅内肿瘤的 10%~15%，为鞍区最常见的良性肿瘤，主要位于鞍内，可向鞍上、鞍旁生长。近十年来，神经内镜下经鼻蝶入路手术已取代显微镜经鼻蝶入路手术，成为治疗垂体腺瘤的首选手术方式^[1-2]。神经内镜手术相对显微镜手术，拥有更广阔的视角，更加充足的照明强度，且创伤更小，还可缩短手术时间，真正做到更精准、更微创^[3-4]。神经内镜作为新技术也存在不足，其为二维图像显示，立体感差，而 3D 神经内镜可填补这方面缺陷^[5]，但目前尚未能广泛应用，术者能否熟练掌握解剖结构，对于手术的顺利开展至关重要，术前熟悉手术入路，有利于提高手术的安全性及效率^[6-8]。本研究利用 3D-Slicer 软件，对患者影像学数据进行术前规划，构建经鼻蝶窦腔内三维结构，模拟肿瘤、神经、血管和骨性结构的关系，再与术中实际情况对比，初步探讨该技术应用于神经内镜经鼻蝶入路垂体腺瘤手术的疗效。现报道如下：

1 资料与方法

1.1 一般资料

回顾性分析 2018 年 8 月—2021 年 7 月收治的 28 例垂体腺瘤并行神经内镜手术患者的临床资料。其中，男 14 例，女 14 例，年龄 32~72 岁，平均 (53.3 ± 8.4) 岁；垂体大腺瘤 25 例，垂体微腺瘤 3 例；术后病理报告为泌乳素瘤 1 例，无功能腺瘤 27 例。

入选标准：①临床影像学确诊为垂体腺瘤；②年龄 ≥ 18 岁；③均行神经内镜经鼻蝶入路手术治疗；④均为首次手术。排除标准：①已接受药物或放射治疗；②患有重要器官功能障碍；③患有凝血障碍、自身免疫疾病；④存在精神认知障碍，对正常诊疗程序无法遵照医嘱配合。本研究通过医院伦理委员会审核批准，患者家属均签署知情同意书。

1.2 影像学数据的采集及 3D 模型构建

所有入选患者于术前均完成头颅 CT 和 MRI 扫描（西门子 64 排螺旋 CT 机，GE 3.0T 磁共振机），包含标准头部或垂体平扫及增强扫描，层厚 5.0 mm，层间距 1.0~1.5 mm。经外周静脉注射钆类对比剂，注

射剂量为 0.1 mmol/kg。原始数据均从医院 PACS 系统导出，格式为 DICOM，再将数据资料导入 3D-Slicer 软件（版本为 4.10.2）。将鼻蝶鞍区结构进行三维透視化模型构建，利用 3D-Slicer 内置模块剪切图像，保留手术入路及蝶鞍区周边相关结构，模拟出蝶窦前壁、蝶窦内分隔、斜坡凹陷、鞍底、视神经管隆突、颈内动脉隆突、视神经颈内动脉隐窝（optic nerve internal carotid recess, OCR）、肿瘤、神经和血管等重要解剖结构，用不同颜色进行区分。该软件可以随意调整视角及放大倍数，方便医师细致地观察相关结构，通过修剪图像功能，模拟内镜下磨除鞍底、鞍结节和蝶骨平台等解剖结构，了解肿瘤与毗邻结构的解剖位置关系。所有患者术前均使用 3D-Slicer 软件进行 CT/MRI 三维重建解剖结构，并与术中内镜下图像进行比较。将图像显示程度进行分级：1 级为部分显示，2 级为完全显示。通过 3D-Slicer 软件内置功能来反复比较术中关键结构，所有区域均可准确测量，以期手术入路提供参考，指导实际手术中的暴露范围，为设计手术方案提供更加详尽的依据。

1.3 手术方法

所有患者均在气管插管全身麻醉下行神经内镜下经鼻蝶入路切除肿瘤。术中应用德国卡尔史托斯内镜系统（KARL STORZ），使用 0° 镜或变色龙观察镜进行操作，并对图像加以保存。术者根据肿瘤大小及 Knosp 分级行经单鼻孔或双鼻孔入路手术。患者取仰卧位，头后仰 15°，常规消毒铺巾，选择右侧鼻腔入路。用 0.01% 肾上腺素棉片填塞手术通道，收缩鼻道黏膜，向外掰开中鼻甲确认蝶窦开口，然后用单极电刀做弧形黏膜瓣，翻开黏膜瓣暴露蝶骨嘴后，用高速磨钻磨除蝶窦前壁及蝶窦内分隔，充分暴露鞍底、斜坡凹陷和两侧颈内动脉海绵窦段骨质。使用 2.0 mm 金刚砂钻头磨除鞍底骨质，直到鞍底硬膜被充分显露，采用 H 字或十字形切开硬膜，大腺瘤先行内减压，再使用刮圈分块切除肿瘤。切除完毕后，充分止血，鞍内填塞明胶海绵及速即纱，使用可吸收硬脑膜补片修补缺损，外层再使用生物蛋白胶进行封闭。如果术中出现鞍膈破损、脑脊液漏，可使用大腿外侧筋膜及脂肪填塞鞍底，同时外层覆盖带蒂鼻中隔黏膜瓣修补鞍底。

1.4 统计学方法

使用 SPSS 22.0 统计软件分析数据。正态分布的计量资料以均数 \pm 标准差 ($\bar{x} \pm s$) 表示, 非正态分布的计量资料以中位数 (四分位数) [M (P₂₅, P₇₅)] 表示; 计数资料用例表示, 行 χ^2 或 Fisher 确切概率法。P < 0.05 为差异有统计学意义。

2 结果

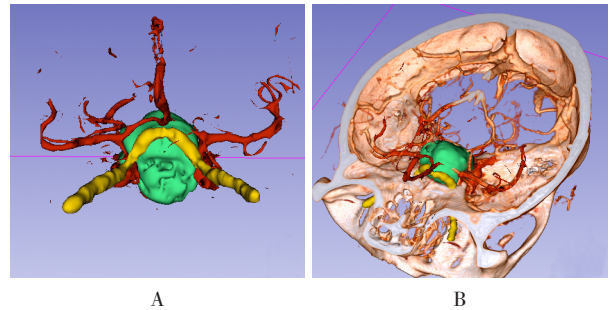
2.1 术前 3D 重建图像与术中内镜下图像比较

将常见解剖标志显示情况进行对比分析, 结果显示: 3D 重建图像与术中内镜下图像显示的解剖标志高度匹配, 内镜下能观察到的解剖标志, 在 3D-Slicer 软件中均可重建出来。上鼻甲、中鼻甲、下鼻甲以及鼻中隔在两组中均 100.0% 显示, 而蝶窦开口 (100.0%) 和 OCR (78.6%) 的 3D 重建图像显示明显优于术中内镜 (75.0% 和 46.4%), 差异有统计学意义 (P < 0.05)。见附表。

2.2 3D-Slicer 软件在术前模拟垂体瘤与毗邻结构的关系

28 例患者中, 3D-Slicer 均能够清晰模拟肿瘤形态、大小及位置。肿瘤体积 0.32 ~ 22.05 cm³, 中位数 4.20 (3.00, 8.10) cm³。Knosp 分级中, 0 级至 II 级 16 例 (57.1%), III 级至 IV 级 12 例 (42.9%)。甲介型蝶窦 1 例 (3.6%), 27 例 (96.4%) 非甲介型; 视神经受压 17 例 (60.7%), 11 例 (39.3%) 无视神经受压; 鞍底扩大 8 例 (28.6%), 20 例 (71.4%) 鞍底没扩大。利用 CT/MRI 数据, 可清晰显示蝶窦内分隔、斜坡凹陷、鞍底、视神经管、颈内动脉、OCR 和鞍区肿瘤等结构图像。通过自由旋转模型, 可随意观察肿瘤与毗邻神经和血管解剖空间的关系。使用 3D-Slicer 软件内置模块 (Segment Editor), 模拟磨除鞍底骨质,

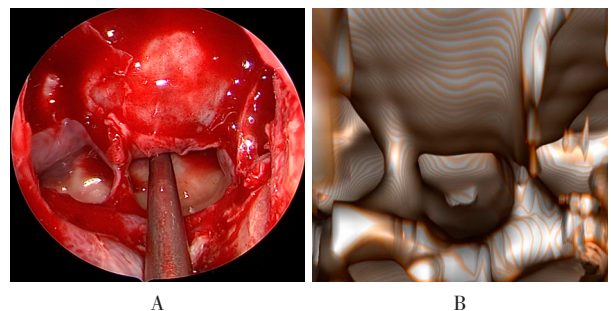
显露肿瘤, 观察肿瘤与视神经和颈内动脉的关系。见图 1~3。



A: 垂体瘤 (绿色)、颈内动脉 (红色) 和视神经 (黄色) 正面观; B: 重建模型与颅底骨关系

图 1 垂体瘤、颈内动脉和视神经在三维重建图像中的空间关系

Fig.1 Spatial relationship of pituitary tumor, internal carotid artery and optic nerve in 3D reconstruction images



A: 术中鞍底、斜坡凹陷和蝶窦分隔图像; B: 3D 重建图像

图 2 手术中真实图像与 3D 虚拟图像

Fig.2 Intraoperative real image and 3D virtual image in 3D-Slicer

2.3 手术疗效和并发症

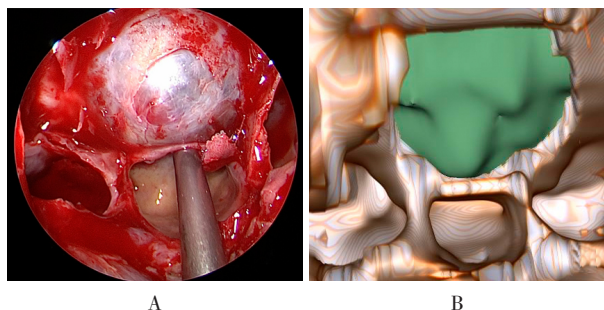
28 例患者手术入路重要结构区域, 均可在 3D-Slicer 软件中成功构建三维透视化模型。模拟模型与

附表 术前 3D 重建图像与术中内镜下图像比较 例 (%)

Attached table Comparison of anatomical structure between preoperative 3D reconstruction image and intraoperative endoscopic image n (%)

组别	蝶窦开口	蝶窦分隔	鞍底	视神经管	颈内动脉隆起	OCR	鞍底斜坡凹陷
内镜下图像组 (n=28)	21 (75.0)	24 (85.7)	26 (92.9)	21 (75.0)	20 (71.4)	13 (46.4)	26 (92.9)
3D-Slicer 组 (n=28)	28 (100.0)	28 (100.0)	27 (96.4)	25 (89.3)	25 (89.3)	22 (78.6)	28 (100.0)
χ^2 值	/	/	/	1.95	2.83	6.17	/
P 值	0.010 [†]	0.111 [†]	1.000 [†]	0.163	0.093	0.013	0.491 [†]

注: [†] 为使用 Fisher 确切概率法



A: 术中鞍底已打开, 暴露鞍底硬膜; B: 3D-Slicer 模拟磨除鞍底图像

图3 术中实际图像与3D重建图像

Fig.3 Intraoperative real image and 3D reconstructed image in 3D-Slicer

现实手术图像吻合程度高, 术中各解剖结构定位明确, 可快速地寻找到蝶窦开口及打开蝶窦前壁, 精确定位鞍底, 根据术前计划模拟图像, 在术中磨开鞍底骨窗, 顺利切除肿瘤。28例患者全部按计划顺利完成手术, 未发生死亡和严重并发症(脑脊液鼻漏、颅内感染和尿崩), 嗅觉减退2例(7.1%)。术后复查CT未见继发颅内血肿, 鞍底磨除骨窗范围满意。肿瘤全切率为78.6%。所有患者顺利出院, 且恢复良好。

3 讨论

3.1 神经内镜下经鼻蝶入路现状

神经内镜下经鼻蝶入路是目前鞍区手术的经典入路, 已成为垂体腺瘤的常规手术入路^[9-10], 但其安全性和精确性受到众多因素影响^[11-13]。垂体腺瘤是良性肿瘤, 但部分肿瘤因生长方式具有侵袭性, 常常会侵袭海绵窦和颈内动脉, 甚至压迫或破坏蝶窦骨质等周围结构, 全切难度大, 风险相对较高^[14]。蝶窦内解剖结构个体化差异较大, 尤其是蝶窦气化的程度、蝶窦内骨性分隔的数目及位置关系、鞍底的位置关系、颈内动脉隆起的发达程度、覆盖颈内动脉骨壁的骨质厚度和视神经管的膨隆程度等^[15]。这就要求主刀医师必须对经鼻蝶入路解剖结构充分了解和熟悉, 还要有熟练的神经内镜下操作技术等。以上因素都是确保神经内镜下经鼻蝶入路手术顺利完成的关键。神经内镜显示的图像只是二维图像, 缺乏空间结构立体感, 而目前术前CT和MRI等影像学检查提供的数据信息, 亦为二维解剖关系图像, 无法为手术入路和神经内镜下

视角图像提供更直观的参考作用^[16]。神经内镜手术过程中, 对解剖结构空间关系的辨别完全依靠主刀医生的三维感官能力以及手术经验, 因个体化差异的存在, 对需要高度精确性的颅脑手术十分不利, 尤其在经鼻蝶入路这种操作空间十分狭小的手术中, 非常容易造成致命的影响, 一旦出现手术并发症, 主刀医师往往面临巨大的压力, 以致于难以顺利完成手术。

3.2 虚拟现实技术的临床应用

近年来, 虚拟现实技术得到快速发展, 是最有前景的手术计划工具之一。它可以在虚拟现实条件下, 对CT和MRI等数据集进行快速三维重建, 可以更直观、详细地观察手术区域各解剖结构的空間关系, 在国外已经广泛应用于医学教育、住院医师培训和手术室中, 有效地促进了术前计划, 提高了手术效率。国内外有报道, 使用Vitreax虚拟现实图像处理工作站结合CT仿真内镜技术, 导入CT/MRI数据, 对患者鼻蝶及鞍区解剖结构进行三维重建, 通过术前观察解剖结构, 模拟内镜操作, 为手术可行性提供了更多的保障, 增加了手术的安全性, 亦为手术医师提供了更多的手术实践, 并提升了医师信心^[17-18]。而这类软件系统均需要依附相应的工作站或配套设备来实现, 限制了虚拟现实技术的普及。因此, 国内应用虚拟现实技术进行手术评估及规划的报道较少^[19]。3D-Slicer软件是一款免费的开源图像分析处理软件, 由美国两所顶级大学联合开发, 操作界面友好, 具有功能扩展和改进的作用, 降低了技术门槛, 逐渐被临床医生所使用^[20]。

本研究中, 在CT和MRI原始数据基础上进行图像重建, 利用Volume Rendering模块进行头颅重建, 通过调整shift滑块至合适窗宽, 对上鼻甲、中鼻甲、下鼻甲和鼻中隔进行观察, 调整感兴趣区(region of interesting, ROI)区域, 使视野深入至蝶窦内, 可见蝶窦内分隔、斜坡及鞍底、颈内动脉隆突和视神经颈内动脉隆突等骨性结构。部分患者为甲介型蝶窦, 蝶窦腔内结构被遮挡无法清楚显示, 通过Segment Editor模块, 可将垂体肿瘤、视神经和颈内动脉重建并建模, 用内置模块paint、scissors等进行图像切割或去除, 从而实现模拟内镜下磨除蝶窦内分隔的过程。通过上述步骤, 可以更轻松地模拟去除甲介型蝶窦内骨质结构, 暴露鞍底骨质, 去除鞍底骨质形成的骨窗的过程, 从而显露已建模的肿瘤, 并调整多角度

来观察肿瘤-颈内动脉-视神经-鞍底的关系, 以进一步确定磨除骨窗的大小, 降低术中误伤颈内动脉及周围其他结构的风险。整个模拟图像与术中经鼻蝶入路的视野相比较, 两者匹配度较高。对于甲介型、鞍前型的蝶窦及部分复杂的蝶窦分隔, 术中风险及难度会大大提高, 意味着需要更长的手术时间, 会增加术中失血量, 影响患者预后及手术效果。术者可以在术前借助 3D-Slicer 软件, 实行虚拟重建技术, 反复观察并熟悉手术区域中重要的解剖结构, 模拟出骨质磨除的虚拟过程, 增强手术操作者的认识和信心, 从而在现实手术中, 做到对相关结构精准定位, 避免了过度暴露或暴露不足, 进一步减少了手术操作损伤及手术风险。

3.3 虚拟图像重建过程中的问题

在虚拟图像重建的过程中确实存在一些问题。首先, 本研究中 3D 建模是用于术前重建, 需根据已有影像学数据生成, 无法提供术中信息, 故不能实现术中实时监测, 尚不具有术中导航的作用; 其次, 垂体、鞍底硬脑膜和海绵间窦等组织结构在 3D-Slicer 软件中无法建模, 无法判断其是因肿瘤压迫而移位、变扁, 还是由于原始数据的影像分辨率不足所致。

综上所述, 3D-Slicer 软件作为免费开源软件, 能够高度准确还原经鼻蝶入路标志性解剖结构, 具有无创性、易用性和高效性, 有助于外科医师在手术前的虚拟场景中反复模拟、对比和练习, 从而选择最佳方案; 有利于在手术中识别和保护重要血管、神经, 增强医师信心; 通过不断地探索、分析、判断和总结, 可提高手术精确度和安全性, 减少并发症的发生。随着 3D-Slicer 软件在神经外科领域中的广泛应用, 将给临床工作和医学培养教育等领域带来更多的便利和帮助。

参 考 文 献 :

- [1] 杨驰. 颅前窝底及鞍区肿瘤手术入路的研究进展[J]. 中国微侵袭神经外科杂志, 2021, 26(1): 40-42.
- [1] YANG C. Research progress of surgical approaches for tumors in the base of anterior cranial fossa and sellar region[J]. Chinese Journal of Minimally Invasive Neurosurgery, 2021, 26(1): 40-42. Chinese
- [2] THEODROS D, PATEL M, RUZEVICK J, et al. Pituitary adenomas: historical perspective, surgical management and future directions[J]. CNS Oncol, 2015, 4(6): 411-429.
- [3] 李深誉, 阳永东, 韦开亮, 等. 经鼻蝶入路神经内镜治疗垂体腺瘤的现状与进展[J]. 中国临床研究, 2018, 31(1): 134-136.
- [3] LI S Y, YANG Y D, WEI K L, et al. Current situation and progress of neuroendoscopic treatment of pituitary adenomas via nasal transsphenoidal approach[J]. Chinese Journal of Clinical Research, 2018, 31(1): 134-136. Chinese
- [4] 潘正杰, 王超, 韩国强. 神经内镜辅助下经鼻蝶入路垂体腺瘤切除术的现状与进展[J]. 立体定向和功能性神经外科杂志, 2017, 30(3): 188-191.
- [4] PAN Z J, WANG C, HAN G Q. Status and progress of endoscopic assisted transsphenoidal pituitary adenoma resection[J]. Chinese Journal of Stereotactic and Functional Neurosurgery, 2017, 30(3): 188-191. Chinese
- [5] ROTERMUND R, REGELSBERGER J, OSTERHAGE K, et al. 4K 3-dimensional video microscope system (orbeye) for transsphenoidal pituitary surgery[J]. Acta Neurochir (Wien), 2021, 163(8): 2097-2106.
- [6] 钟鸣. 经鼻蝶入路垂体瘤切除术后并发症及其防治的研究进展[J]. 河北医学, 2016, 22(11): 1912-1914.
- [6] ZHONG M. Research progress on complications, prevention and treatment of pituitary adenoma resection through nasal transsphenoidal approach [J]. Hebei Medicine, 2016, 22(11): 1912-1914. Chinese
- [7] GONDIM J A, SCHOPS M, DE ALMEIDA J P, et al. Endoscopic endonasal transsphenoidal surgery: surgical results of 228 pituitary adenomas treated in a pituitary center[J]. Pituitary, 2010, 13(1): 68-77.
- [8] SHAO X F, YUAN Q, QIAN D Q, et al. Virtual reality technology for teaching neurosurgery of skull base tumor[J]. BMC Med Educ, 2020, 20(1): 3.
- [9] 陈红春, 卞晓星, 袁雪松, 等. 单纯神经内镜下经鼻蝶入路切除垂体瘤[J]. 中国医师杂志, 2015, 17(12): 1875-1877.
- [9] CHEN H C, BIAN X X, YUAN X S, et al. Resection of pituitary adenomas by transnasal transsphenoidal approach under simple neuroendoscope[J]. Journal of Chinese Physician, 2015, 17(12): 1875-1877. Chinese
- [10] 赵鹏, 赵亮, 刘晓杨, 等. 经鼻蝶神经内镜和显微镜垂体瘤切除术的疗效对比分析[J]. 国际神经病学神经外科学杂志, 2018, 45(6): 573-576.
- [10] ZHAO P, ZHAO L, LIU X Y, et al. Clinical effect of endoscopic transsphenoidal approach versus microscopic approach in pituitary adenoma resection[J]. Journal of International Neurology and Neurosurgery, 2018, 45(6): 573-576. Chinese
- [11] 张国栋, 赵岗, 师鹏强, 等. 神经内镜下"一侧半"经鼻-蝶窦入路切除术对高龄垂体瘤患者的疗效及术后复发的危险因素[J]. 中国老年学杂志, 2021, 41(3): 509-513.
- [11] ZHANG G D, ZHAO G, SHI P Q, et al. Efficacy and risk factors of postoperative recurrence of neuroendoscopic "one and a half"

- transnasal transsphenoidal approach in elderly patients with pituitary adenoma[J]. Chinese Journal of Gerontology, 2021, 41(3): 509-513. Chinese
- [12] LI A J, LIU W S, CAO P C, et al. Endoscopic versus microscopic transsphenoidal surgery in the treatment of pituitary adenoma: a systematic review and Meta-analysis[J]. World Neurosurg, 2017, 101: 236-246.
- [13] LOBATTO D J, DE VRIES F, ZAMANIPOOR NAJAFABADI A H, et al. Preoperative risk factors for postoperative complications in endoscopic pituitary surgery: a systematic review[J]. Pituitary, 2018, 21(1): 84-97.
- [14] BUCHFELDER M, SCHLAFFER S M. Surgical treatment of aggressive pituitary adenomas and pituitary carcinomas[J]. Rev Endocr Metab Disord, 2020, 21(2): 253-261.
- [15] 王剑新, 漆松涛, 彭玉平, 等. 蝶鞍结构与垂体瘤生长方式关系的影像学研究[J]. 中国医师杂志, 2010, 12(11): 1478-1481.
- [15] WANG J X, QI S T, PENG Y P, et al. Imageology study of sellar turica and its protential role on growth of pituitary adenoma[J]. Journal of Chinese Physician, 2010, 12(11): 1478-1481. Chinese
- [16] KHAN R, PLAHOURAS J, JOHNSTON B C, et al. Virtual reality simulation training in endoscopy: a cochrane review and Meta-analysis[J]. Endoscopy, 2019, 51(7): 653-664.
- [17] HAN P, PIRSIG W, ILGEN F, et al. Virtual endoscopy of the nasal cavity in comparison with fiberoptic endoscopy[J]. Eur Arch Otorhinolaryngol, 2000, 257(10): 578-583.
- [18] 武晓瑛, 汤敏, 缪星宇. 神经内镜经蝶手术三维可视化模型的构建及术前规划作用的研究[J]. 川北医学院学报, 2015, 30(4): 488-490.
- [18] WU X Y, TANG M, MIAO X Y. Construction of three-dimensional perspective model of endoscopic transsphenoidal surgery and the role in surgical planning[J]. Journal of North Sichuan Medical College, 2015, 30(4): 488-490. Chinese
- [19] 朱迪. 虚拟内镜在神经外科的应用[J]. 国际神经病学神经外科学杂志, 2015, 42(2): 204-206.
- [19] ZHU D. Application of virtual endoscopy in neurosurgery[J]. Journal of International Neurology and Neurosurgery, 2015, 42(2): 204-206. Chinese
- [20] EGGER J, KAPUR T, NIMSKY C, et al. Pituitary adenoma volumetry with 3D Slicer[J]. PLoS One, 2012, 7(12): e51788.
- (吴静 编辑)

本文引用格式:

龙潮新, 郭铭, 官春城, 等. 3D-Slicer 软件在神经内镜经鼻蝶入路垂体腺瘤手术中的应用[J]. 中国内镜杂志, 2022, 28(11): 77-82.

LONG C X, GUO M, GUAN C C, et al. Clinical application of 3D-Slicer software in endoscopic transsphenoidal surgery for pituitary adenoma[J]. China Journal of Endoscopy, 2022, 28(11): 77-82. Chinese