DOI:10.16016/j.2097-0927.202311021

外视镜在矢状窦旁脑膜瘤手术中的应用

陈 勇,郑 新,张晓青,李 松,杨 辉 400037 重庆,陆军军医大学(第三军医大学)第二附属医院神经外科

[摘要] **目的** 探讨外视镜在矢状窦旁脑膜瘤手术中的应用效果。**方法** 回顾性分析2021年3月至2023年3月于本院神经外科同一医疗组接受手术的矢状窦旁脑膜瘤患者50例的临床资料,根据手术方式分为外视镜组(22例)和显微镜组(28例),对比分析2组患者手术效果、手术并发症以及术者体验。**结果** 外视镜组与显微镜组患者性别(男/女:10/12 *vs* 12/16)、年龄[(50.7±10.2) *vs* (52.3±11.1)岁]、肿瘤大小[(20.79±25.04) *vs* (20.60±21.38)cm^3]均相似;2组手术时间[(217.73±59.66) *vs* (220.54±56.82)min]、术中出血量[(181.82±105.27) *vs* (189.29±103.06)mL]、肿瘤全切率(90.9% *vs* 89.3%)差异无统计学意义。术后神经功能障碍、感染率等并发症方面差异也无统计学意义。外视镜在矢状窦旁脑膜瘤手术中能显示显微镜难以观察到的矢状窦旁硬膜缘下等大角度区域。外视镜系统下操作的舒适度优于显微镜,术中教学展示较显微镜更好。**结论** 外视镜下切除矢状窦旁脑膜瘤安全有效,具有舒适的人体工程学姿势、良好的手术团队参与度、优秀的教学效果等优势,值得推广应用。

[关键词] 外视镜;显微镜;矢状窦旁脑膜瘤;神经外科手术
[中图法分类号] R181.23;R616.2;R739.45 [文献标志码] A

Application of exoscope for resection of parasagittal meningioma

CHEN Yong, ZHENG Xin, ZHANG Xiaoqing, LI Song, YANG Hui Department of Neurosurgery, Second Affiliated Hospital, Army Medical University (Third Military Medical University), Chongqing, 400037, China

[**Abstract**] **Objective** To investigate the application of exoscope in resection of parasagittal meningioma. **Methods** A retrospective analysis was conducted on 50 patients with parasagittal meningioma undergoing surgical treatment in a same medical group of our neurosurgical department from March 2021 to March 2023. According to their surgical procedures, they were divided into exoscope group ($n=22$) and microscope group ($n=28$). The surgical efficacy, surgical complications and surgical experience were compared between the 2 groups and analyzed. **Results** There were no significant differences between the 2 groups in terms of sex ratio (male/female: 10/12 *vs* 12/16), mean age (50.7±10.2 *vs* 52.3±11.1 years) and mean tumor size (20.79±25.04 *vs* 20.60±21.38 cm^3). No statistical differences were observed in the duration of operation (217.73±59.66 *vs* 220.54±56.82 min), intraoperative blood loss (181.82±105.27 *vs* 189.29±103.06 mL), or total resection rate (90.9% *vs* 89.3%) between the 2 groups. Postoperative neurological dysfunction, infection rate and other complications also presented no notable differences between them. In the operation of parasagittal meningioma, exoscope can provide a larger view of the parasagittal sinus, such as the subdural border, which is difficult to be exposed by single microscope. Moreover, exoscope presented a higher level of comfort operating and better intraoperative teaching display compared to the surgical microscope. **Conclusion** For parasagittal meningiomas, exoscope is a safe and effective option, with similar surgical outcomes and postoperative complications as surgical microscope. What's more, exoscope presents more comfortable intraoperative ergonomic posture, higher surgical team participation, and better teaching effect.

[通信作者] 李 松,E-mail:dlisong3@163.com

2097-0927/Copyright © 2024, 陆军军医大学(第三军医大学)。这篇开放获取文章遵循 CC BY 许可协议(https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

[Key words] exoscope; microscope; parasagittal meningioma; neurosurgical procedures

Corresponding author: LI Song, E-mail: dlisong3@163.com

矢状窦旁脑膜瘤是指至少长入矢状窦一侧壁的脑膜瘤,占所有脑膜瘤的20%~30%[1]。以往主要在显微镜下进行矢状窦旁脑膜瘤切除,该手术仍具有一定挑战性,存在一定的并发症风险[1-3]。2008年外视镜开始应用于临床,其具有深景深、宽视野、长焦距、高分辨率、良好的深部照明、便捷的内外视镜切换、小体积、低成本、术者姿势不受限、易于操作等优势[4-6]。目前,外视镜广泛应用于神经外科多种疾病的治疗,但用于切除矢状窦旁脑膜瘤的报道较少。为了探索外视镜在矢状窦旁脑膜瘤切除中的疗效,本医疗组开展外视镜下矢状窦旁脑膜瘤切除术,自2021年3月以来共收治矢状窦旁脑膜瘤50例,其中22例使用外视镜手术,28例使用显微镜手术,对比分析2组患者手术效果、手术并发症以及术者体验,现报告如下。

1 资料与方法

1.1 临床资料

收集2021年3月至2023年3月于本院神经外科同一医疗组接受手术的矢状窦旁脑膜瘤患者53例临床资料。纳入标准:①同一医疗组收治的矢状窦旁脑膜瘤患者;②随访时间超过6个月。排除标准:①术前症状体征记录不全;②术前、术后影像资料缺失;③年龄超过70岁;④既往有脑卒中病史;⑤术前因其他原因存在肢体活动、语言障碍;⑥原发性癫痫患者。根据纳入排除标准共纳入患者50例进行回顾性分析,其中男性22例,女性28例,术前临床症状:头痛22例、癫痫3例、对侧肢体乏力3例、部分运动性失语1例。

1.2 影像学资料

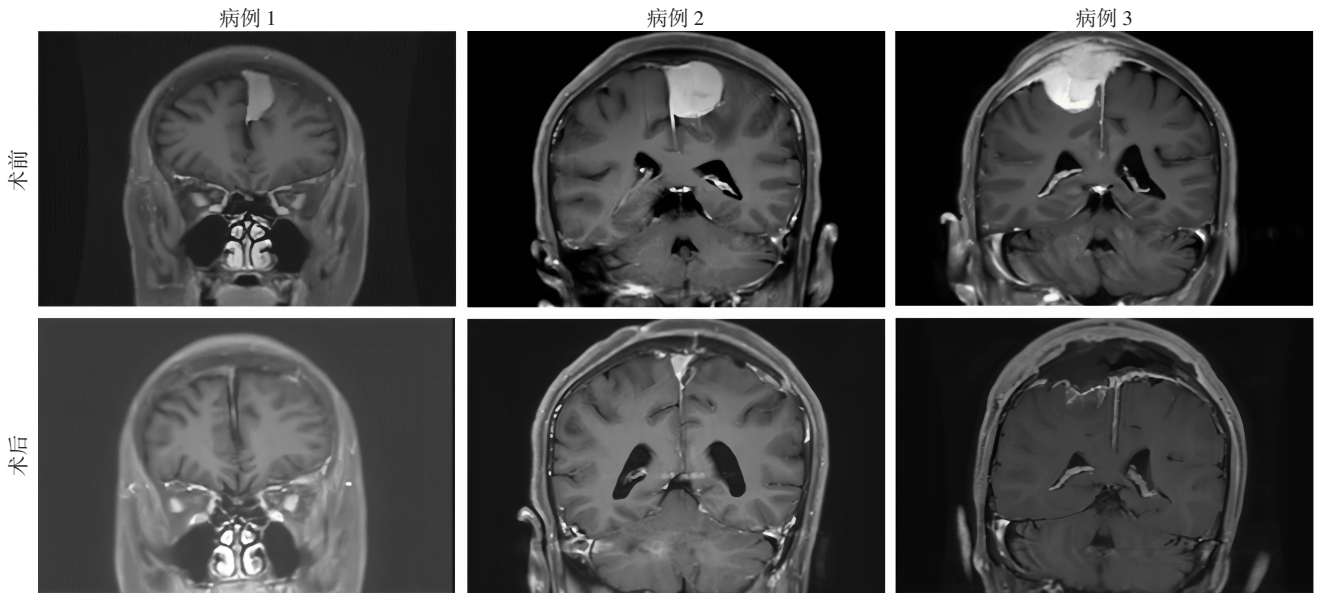
所有患者术前行头颅MRI平扫+增强扫描、磁共振静脉成像(magnetic resonance venography, MRV),MRI结果显示肿瘤中心位于额部15例、顶部29例、枕部6例。18例肿瘤周围有明显水肿,其中3例中线移位明显。2例巨大肿瘤行DSA检查判定矢状窦通畅情况及肿瘤血供来源,见矢状窦已闭塞,肿瘤深部存在前动脉分支供血。

1.3 手术方式

50例患者根据手术方式分为2组:外视镜组22例、显微镜组28例。2组患者在术前准备、开颅、关颅等方面处理方式一致。外视镜组:外视镜(VITOM Exoscope system,德国Karl Storz公司)以气动臂固定,使用托手架,术者及助手坐位面对成像屏幕操作。外视镜准备需要连接气动臂、套气动臂保护套、连接外视镜、调白平衡和焦距。显微镜组:使用蔡司显微镜Pentero 900进行手术,以无菌塑料膜套显微镜,剪开暴露物镜和目镜,使用托手架。2组肿瘤切除步骤一致:做过中线的马蹄形切口,均做跨窦骨瓣。沿肿瘤边缘1 cm剪开硬脑膜,严格保护好中央沟静脉及其他回流静脉。靠近矢状窦的硬膜沿矢状窦边缘剪下,然后用双极电凝离断肿瘤,将肿瘤分为矢状窦部分与窦外部分,继而将肿瘤与大脑镰的粘连离断,分离肿瘤与脑组织、回流静脉粘连,分块或完整将矢状窦外肿瘤切除。矢状窦上的肿瘤根据肿瘤Sindou分型[7]不同确定不同的治疗方案(表1)。对于Sindou Ⅰ型给予完整切除,剥离受侵犯的静脉窦壁外层,保留并电灼受侵犯的内层静脉窦壁。针对Sindou Ⅴ和Ⅵ型肿瘤的切除:先自肿瘤中份以尖刀片横向切开肿瘤,若完全切开肿瘤矢状窦前方无静脉血流出,则考虑矢状窦完全闭塞,继而分别向前向后切除矢状窦内部肿瘤,此类矢状窦无需重建;若尖刀片切开肿瘤后前方仍有静脉血流出,则按Ⅱ~Ⅳ型的处理方式处理。对于Sindou Ⅱ~Ⅳ型肿瘤根据患者的年龄确定切除程度:对于年龄较大(≥60岁)的患者,通常考虑残留部分窦内肿瘤,术后行伽玛刀治疗。对于60岁以下的患者通常完整切除肿瘤,采用文献[8]报道的手术方式直接缝合或自体硬膜修补的方式重建矢状窦(表1,图1)。

表1 不同类型肿瘤手术方式及要点

肿瘤分型	年龄及切除程度	手术要点
Sindou Ⅰ型	所有年龄段,全切	剥离受侵犯的静脉窦壁外层
Sindou Ⅱ~Ⅳ型	年龄<60岁,全切	采用直接缝合或自体硬膜修补重建矢状窦
	年龄≥60岁,大部切除+伽玛刀治疗	残留部分矢状窦内部肿瘤,减少失血
Sindouv Ⅴ型和Ⅵ型	所有年龄段,全切	横断矢状窦内肿瘤,确切判定矢状窦的通畅性,如确定矢状窦完全闭塞,无需重建;若矢状窦仍通畅,则需行矢状窦重建



病例 1(Sindou Ⅳ型):肿瘤侵入矢状窦,矢状窦未闭塞,患者年龄<60 岁,肿瘤全切,矢状窦使用自体硬膜重建;病例 2(Sindou Ⅳ型):肿瘤侵入矢状窦,矢状窦未闭塞,患者年龄>60 岁,残留部分矢状窦内肿瘤,术后行伽玛刀治疗;病例 3(Sindou Ⅵ型):肿瘤破坏矢状窦,矢状窦完全闭塞,手术切除破坏的矢状窦,全切肿瘤

图 1 3 种不同处理方式的矢状窦旁脑膜瘤矢状窦及窦内肿瘤手术前后 MRI 表现

1.4 评估方法及随访

采用门诊、电话、微信视频等方式进行随访,53 例患者中失访 3 例,失访率 5.7%。截止到 2023 年 9 月,随访时间 6~30 个月,平均 17 个月。采用 Simpson 分级评估肿瘤的切除程度,临床随访结果以 Kamofsky 功能状态评分(KPS)评估:正常,无症状和体征,100 分;能进行正常活动,有轻微症状和体征,90 分;勉强进行正常活动,有一些症状或体征,80 分;生活能自理,但不能维持正常生活和工作,70 分;生活能大部分自理,但偶尔需要别人帮助,60 分;常需要人照料,50 分;生活不能自理,需要特别照顾和帮助,40 分;生活严重不能自理,30 分;病重,需要住院和积极的支持治疗,20 分;重危,临近死亡,10 分;死亡,0 分。完善 MRI 平扫+增强扫描随访肿瘤有无复发。

1.5 统计学分析

数据分析采用 SPSS 23.0 统计软件,计量资料服从近似正态分布者以 $\bar{x}\pm s$ 表示,采用两独立样本 t 检验;计数资料以率(%)表示,采用 χ^2 检验及 Fisher's 精确检验,$P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 临床资料

外视镜组与显微镜组患者性别(男/女:10/12 *vs* 12/16)、年龄[(50.7±10.2) *vs* (52.3±11.1)岁]、肿瘤大小[(20.79±25.04) *vs* (20.60±21.38) cm^3]相似。连接外视镜与套显微镜的时间基本相同。2 组手术时间(开始切皮到缝合完毕)[(217.73±59.66) min *vs* (220.54±56.82) min]、术中出血量[(181.82±105.27) *vs* (189.29±103.06) mL]差异无统计学意义。具体见表 2。

2.2 手术疗效

外视镜组 Simpson Ⅰ级切除 15 例,Ⅱ级切除 5 例,Ⅳ级切除 2 例(术后 1 个月行残余肿瘤伽玛刀治疗)。显微镜组 Simpson Ⅰ级切除 17 例,Ⅱ级切除 8 例,Ⅳ级切除 3 例(术后 1 个月行残余肿瘤伽玛刀治疗),肿瘤全切率(90.9% *vs* 89.3%)差异无统计学意义。2 组各有 1 例患者出现颅内感染,经抗感染治疗后好转。各有 1 例切口愈合不良,经 2 周左右换药后切口愈合。至出院时患者术前症状均有不同程度改善,头痛的 22 例患者有 3 例仍有疼痛,但程度较前减轻,其余患者头痛症状消失;癫痫、失语症状消失,对侧肢体乏力症状较前改善(表 2)。2 种手术方法在患者住院时间、住院费用方面无明显差异。

2.3 预后

经过≥6 个月的随访,外视镜组有 2 例对侧肢体肌力 4 级,1 例对侧肢体麻木;显微镜组有 2 例对侧肢体肌力 4 级,3 例对侧肢体麻木。2 组均有 1 例病例术后新发癫痫,使用药物控制良好。2 组病例术后神经功能障碍及癫痫等并发症的发生率无明显差异,均未见明显肿瘤复发(表 2)。KPS 评分结果:显微镜组有 5 例 90 分,外视镜组 3 例 90 分,其余患者均为 100 分。

表 2 外视镜组与显微镜组临床相关指标比较[例(%),$\bar{x}\pm s$]

临床资料	外视镜组(n=22)	显微镜组(n=28)	P 值
一般资料			
性别(男/女)	10/12	12/16	0.854
年龄/岁	50.7±10.2	52.3±11.1	0.583
术前症状			0.898
头痛	9(40.9)	13(46.4)	
癫痫	1(4.6)	2(7.1)	
肢体乏力	1(4.6)	2(7.1)	
肿瘤特征			
肿瘤中心部位			0.923
额部	7(31.8)	8(28.6)	
顶部	12(54.5)	17(60.7)	
枕部	3(13.6)	3(10.7)	
肿瘤 Sindou 分型			0.753
Ⅰ	10(45.5)	12(43.9)	
Ⅱ	2(9.1)	1(3.6)	
Ⅲ	0(0.0)	3(10.7)	
Ⅳ	3(13.6)	3(10.7)	
Ⅴ	2(9.1)	3(10.7)	
Ⅵ	5(22.7)	6(21.4)	
肿瘤体积/cm^3	20.79±25.04	20.60±21.38	0.978
术中情况			
手术时长/min	217.73±59.66	220.54±56.82	0.866
术中出血量/mL	181.82±105.27	189.29±103.06	0.802
全切情况	20(90.9)	25(89.3)	1.000
术后情况			
颅内感染	1(4.5)	1(3.6)	0.842
切口甲级愈合	21(95.5)	27(96.4)	0.842
继发性癫痫	1(4.5)	1(3.6)	0.842
术后半年神经功能障碍	3(13.6)	5(17.9)	0.876

2.4 2 种设备体验对比

外视镜系统下术者和助手的姿势、操作的舒适度明显优于显微镜,图像更为清晰,术中教学展示较显微镜更好(图 2)。在矢状窦脑膜瘤手术中能显示显微镜难以观察到的矢状窦旁硬膜缘下等大角度区域。但外视镜下术者在深度的感知上不及显微镜。

3 讨论

在 20 世纪 60 年代,手术显微镜应用于神经外科,使神经外科从肉眼手术时代进入了显微手术时代。随着显微镜的不断革新,其良好的照明、清晰的显像,能够满足神经外科多种手术的需要。在近半个多世纪中,显微镜是神经外科手术主要的照明成像设备。随着神经内镜、外视镜的发明,显微镜在神经外科部分领域的使用受到了严峻挑战。神经内镜已在部分手术领域取代显微镜;目前,外视镜的使用也越来越多,但外视镜能否在部分领域取代显微镜尚无定论。外视镜是近年来神经外科手术领域使用的一种新型体外高清照明成像设备。它提供了比显微镜更宽的视野和更大的平均焦距,允许标准的神经外科器械使用而不造成手术视野的拥挤,同时它还优化了手术的人体工程学,使外科医师可以在舒适的姿势和角度下进行手术操作[4,6]。国内使用外视镜进行手术相对滞后,但近年来也陆续出现了相应报道,并逐渐成为国内神经外科的热点之一[9-14]。

通过对中国生物医学文献数据库(SinoMed)和 PubMed 数据库进行检索,检索式为“神经外科 and 外视镜(neurosurgery and exoscope)”,共检索到外文文献 221 篇,中文文献 4 篇。通过这些文献可知外视镜下神经肿瘤的切除已超过 2 000 例,且在脑血管病、脊柱、脊髓及外周神经等方面均有报道,展现了其广泛的手术适应证。对于外视镜在神经外科手术中的应用,绝大多数报道持肯定态度,认为使用外视镜的神经外科手术患者与接受手术显微镜治疗的患者临床疗效相似。同时,外视镜的视频图像质量、三维可视化和手术视野优于手术显微镜。手术过程中外科医师手术姿势



A、B: 外视镜手术设备布置及人员站位背、侧面图像　气动臂固定外视镜,角度调节容易,主刀医师和助手始终端坐面对屏幕操作,观摩人员与术者同时观看高清图像;C:矢状窦旁脑膜瘤术中情况　*: 示脑膜瘤;箭头: 示矢状窦区域;调节外视镜镜头,可以清晰看见硬膜缘下较大范围,术者姿势无需改变

图 2　外视镜手术设备、人员布局及矢状窦旁脑膜瘤术中情况

的舒适度和手术团队对手术的参与程度也明显优于显微镜。尤其在手术教学方面,外视镜的优势得到了充分的认可[15-20]。

矢状窦旁脑膜瘤仍然是神经外科较具挑战的疾病之一[1],术后并发症包括脑水肿、肢体运动障碍、语言障碍、出血、癫痫、感染等,发生率为 6%~30%[7,21-22]。切除矢状窦旁脑膜瘤难点在于矢状窦内肿瘤的处理,Sindou Ⅰ型、Ⅴ型和Ⅵ型肿瘤的处理方式已基本达成共识,但Ⅱ型、Ⅲ型、Ⅳ型肿瘤的处理尚有争议[1,23-26]。通过以上数据库进行检索,目前尚未检索到外视镜下切除矢状窦旁脑膜瘤的专题报道,对于外视镜下矢状窦旁脑膜瘤切除的疗效,部分医师尚存在疑虑。

为了探索外视镜在矢状窦旁脑膜瘤切除中的应用效果,对比其在手术疗效、术者操作体验方面与显微镜手术的差异,本医疗组同期开展了外视镜下矢状窦旁脑膜瘤切除和显微镜下矢状窦旁脑膜瘤切除。经过实践对比,我们认为外视镜完全能够满足矢状窦旁脑膜瘤手术的需要。与显微镜相比,使用外视镜的手术疗效、手术并发症方面差异无统计学意义。外视镜手术的术者体验明显优于显微镜。且在矢状窦旁脑膜瘤手术中能显示显微镜难以观察到的矢状窦旁硬膜缘下等大角度区域。与深部病变不同,作为浅部病变的矢状窦旁脑膜瘤在使用显微镜手术时常常存在观察死角。在显微镜调到最大角度、术者头部极度偏移的情况下可能仍不能观察到某些部位,这些部位往往需要移开显微镜,术者偏转头部,肉眼下观察。而外视镜镜头小巧,位置调整灵活,且其角度的调整只是镜头的移动,术者及助手始终可保持相对舒适的姿势进行手术。

本研究中使用的是 2D 外视镜,面对二维图像操作,我们的经验是:外视镜手术在起初操作时一定要慢,尤其在关键部位,应该将器械从距离镜头较近的位置进入视野,然后逐渐深入。这与显微镜有共同之处,但外视镜下具有镜头不污染器械的优势。矢状窦旁脑膜瘤的切除保护静脉最为关键,需要缓慢细致操作,使用棉片、吸引器轻柔推移,显微剪锐性分离将静脉良好保护。有研究报道使用显微镜手术时进行荧光造影观

察瘤周静脉,以利于静脉的保护[27-28]。目前外视镜尚无荧光造影功能,这一技术的实现应该不困难,期待可以荧光造影的外视镜设备问世。矢状窦重建、矢状窦破口的缝合、自体硬膜的修补在外视镜下均可完成。我们认为外视镜下切除矢状窦旁脑膜瘤具有以下优势:①更舒适的人体工程学姿势、更高的手术团队参与度、更好的教学效果。②镜头角度调整更灵活,具有更大的照明角度,能够显示矢状窦边缘硬膜缘下的区域。不足之处在于 2D 外视镜下深度感知不佳,与显微镜相比存在劣势,但这一点能够通过练习克服,对于拥有内镜手术经验的医师更容易掌握。同理,拥有外视镜应用经验也能提高内镜下面对二维图像的操作水平。通过实践与对比,我们认为 2D 外视镜完全能够满足矢状窦旁脑膜瘤手术的需要,并较显微镜具有一定的优势,临床上值得推广应用。

本研究的设计及病例数量、随访时间等尚存在局限,进一步评价外视镜的疗效,有待大样本的随机对照试验予以验证。外视镜的推广尚需更多针对某一病种的专题研究。下一步我们将开展外视镜在颅底肿瘤、脑深部肿瘤等疾病的专题研究,以总结更多具有针对性的单病种外视镜手术经验。

参考文献:

[1] MATHIESEN T. Parasagittal meningiomas[J]. Handb Clin Neurol, 2020, 170: 93-100. DOI: 10.1016/b978-0-12-822198-3.00031-8.

[2] MAGILL S T, THEODOSOPOULOS P V, MCDERMOTT M W. Resection of falx and parasagittal meningioma: complication avoidance[J]. J Neurooncol, 2016, 130(2): 253-262. DOI: 10.1007/s11060-016-2283-x.

[3] BERG-JOHNSEN J, HØGESTØL E A. Supplementary motor area syndrome after surgery for parasagittal meningiomas[J]. Acta Neurochir, 2018, 160(3): 583-587. DOI: 10.1007/s00701-018-3474-3.

[4] MONTEMURRO N, SCERRATI A, RICCIARDI L, *et al*. The exoscope in neurosurgery: an overview of the current literature of intraoperative use in brain and spine surgery[J]. J Clin Med, 2021, 11(1): 223. DOI: 10.3390/jcm11010223.

[5] ABUNIMER A M, ABOU-AL-SHAAR H, WHITE T G, *et al*. The utility of high-definition 2-dimensional stereotactic exoscope in cranial and spinal procedures[J]. World Neurosurg, 2022, 158: e231-e236. DOI: 10.1016/j.wneu.2021.10.165.

[6] 陈心, 岳树源. 外视镜在神经外科中的应用与展望[J]. 中华神经外科杂志, 2019, 35(7): 735-737. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1001-2346.2019.07.021.
CHEN X, YUE S Y. Application and prospect of endoscope in neurosurgery[J]. Chin J Neurosurg, 2019, 35(7): 735-737. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1001-2346.2019.07.021.

[7] SINDOU M P, ALVERNIA J E. Results of attempted radical tumor removal and venous repair in 100 consecutive meningiomas involving the major dural sinuses[J]. J Neurosurg, 2006, 105(4): 514-525. DOI: 10.3171/jns.2006.105.4.514.

[8] MATHIESEN T, PETTERSSON-SEGERLIND J, KIHLSTROM L, *et al*. Meningiomas engaging major venous sinuses[J]. World Neurosurg, 2014, 81(1): 116-124. DOI: 10.1016/j.wneu.2013.01.095.

[9] PENG Y J, ZHAO T B, DAI J, *et al*. Clinical comparison of three-dimensional exoscope *vs*. operative microscope in transforaminal lumbar interbody fusion: a retrospective case-control study[J]. Front Surg, 2022, 9: 926329. DOI: 10.3389/fsurg.2022.926329.

[10] HUA W, ZHANG X, WANG Q J, *et al*. Neurosurgical application of pineal region tumor resection with 3D 4K exoscopy *via* infratentorial approach: a retrospective cohort study[J]. Int J Surg, 2023, 109(12): 4062-4072. DOI: 10.1097/JS9.0000000000000707.

[11] LIN H L, CHEN F Y, LIN T T, *et al*. Beyond magnification and illumination: ergonomics with a 3D exoscope in lumbar spine microsurgery to reduce musculoskeletal injuries[J]. Orthop Surg, 2023, 15(6): 1556-1563. DOI: 10.1111/os.13737.

[12] YAO Y W, YAO Z P, JIANG M, *et al*. Three-dimensional high-definition exoscope in minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion: a retrospective cohort study[J]. Orthop Surg, 2023, 15(1): 187-196. DOI: 10.1111/os.13543.

[13] YAO Y W, XIONG C J, WEI T J, *et al*. Three-dimensional high-definition exoscope (Kestrel View Ⅱ) in anterior cervical discectomy and fusion: a valid alternative to operative microscope-assisted surgery[J]. Acta Neurochir, 2021, 163(12): 3287-3296. DOI: 10.1007/s00701-021-04997-8.

[14] LIN H L, CHEN F Y, MO J D, *et al*. Cervical spine microsurgery with the high-definition 3D exoscope: advantages and disadvantages[J]. World Neurosurg, 2022, 161: e1-e7. DOI: 10.1016/j.wneu.2021.07.033.

[15] CALLONI T, ROUMY L G, CINALLI M A, *et al*. Exoscope as a teaching tool: a narrative review of the literature[J]. Front Surg, 2022, 9: 878293. DOI: 10.3389/fsurg.2022.878293.

[16] WATANABE T, IWAMI K, KISHIDA Y, *et al*. Combined exoscopic and endoscopic two-step keyhole approach for intracranial meningiomas[J]. Curr Oncol, 2022, 29(8):

5370-5382. DOI: 10.3390/curroncol29080426.

[17] HAFEZ A, ELSHARKAWY A, SCHWARTZ C, *et al*. Comparison of conventional microscopic and exoscopic experimental bypass anastomosis: a technical analysis[J]. World Neurosurg, 2020, 135: e293-e299. DOI: 10.1016/j.wneu.2019.11.154.

[18] RICCIARDI L, CHAICHANA K L, CARDIA A, *et al*. The exoscope in neurosurgery: an innovative "point of view". A systematic review of the technical, surgical, and educational aspects[J]. World Neurosurg, 2019, 124: 136-144. DOI: 10.1016/j.wneu.2018.12.202.

[19] GARNEAU J C, LAITMAN B M, COSETTI M K, *et al*. The use of the exoscope in lateral skull base surgery: advantages and limitations[J]. Otol Neurotol, 2019, 40(2): 236-240. DOI: 10.1097/MAO.0000000000002095.

[20] RICCIARDI L, MATTOGNO P P, OLIVI A, *et al*. Exoscope era: next technical and educational step in microneurosurgery[J]. World Neurosurg, 2019, 128: 371-373. DOI: 10.1016/j.wneu.2019.05.162.

[21] 薛亚轲, 陈若琨, 杨凤东, 等. 中央回区矢状窦旁脑膜瘤的显微手术治疗[J]. 中华神经外科杂志, 2016, 32(11): 1117-1121. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1001-2346.2016.11.009.
XUE Y K, CHEN R K, YANG F D, *et al*. Microsurgical treatment of parasagittal menjingiomas in central gyrus region[J]. Chin J Neurosurg, 2016, 32(11): 1117-1121. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1001-2346.2016.11.009.

[22] CHEN W W, WANG Y, HU Y C, *et al*. Analysis of the common complications and recurrence-related factors of superior parasagittal sinus meningioma[J]. Front Surg, 2022, 9: 1023021. DOI: 10.3389/fsurg.2022.1023021.

[23] 陈彤, 张荣伟. 侵袭性窦旁脑膜瘤的临床研究进展[J]. 中华神经外科疾病研究杂志, 2017, 16(3): 286-288.
CHEN T, ZHANG R W. Clinical research progress of invasive parasinus meningioma[J]. Chin J Neurosurg Dis Res, 2017, 16(3): 286-288.

[24] PETRELLA G, PIAZZA A, FAVA A, *et al*. Parasagittal meningiomas: The impact of sinus opening and grade of resection on clinical outcome and recurrence in a consecutive series of patients[J]. World Neurosurg, 2024, 186: e683-e693. DOI: 10.1016/j.wneu.2024.04.030.

[25] SINDOU M. Meningiomas involving major dural sinuses: should we attempt at radical removal and venous repair?[J]. World Neurosurg, 2014, 81(1): 46-47. DOI: 10.1016/j.wneu.2013.07.119.

[26] SUGHRUE M E, RUTKOWSKI M J, SHANGARI G, *et al*. Results with judicious modern neurosurgical management of parasagittal and falcine meningiomas. Clinical article[J]. J Neurosurg, 2011, 114(3): 731-737. DOI: 10.3171/2010.9.JNS10646.

[27] DELLA PUPPA A, RUSTEMI O, GIOFFRÈ G, *et al*. Application of indocyanine green video angiography in parasagittal meningioma surgery[J]. Neurosurg Focus, 2014, 36(2): E13. DOI: 10.3171/2013.12.FOCUS13385.

[28] DIJKSTRA B M, JELTEMA H J R, KRUIJFF S, *et al*. The application of fluorescence techniques in meningioma surgery-a review[J]. Neurosurg Rev, 2019, 42(4): 799-809. DOI: 10.1007/s10143-018-01062-4.

(**收稿**:2023-11-06;**修回**:2024-02-21)

(编辑 吴培红)