doi:10.11659/jjssx.10E025109

·临床研究·

显微手术联合荧光导航治疗颅底脑膜瘤的临床疗效及安全性分析

董海军[1],郭俊霞[2],梁 盛[3] (1.邯郸市中西医结合医院神经外科,河北 邯郸 056000;2.邯郸市第一医院血液内科,河北 邯郸 056002;3.沧州市中心医院药房,河北 沧州 061012)

[摘 要] **目的** 评估显微手术联合荧光导航治疗颅底脑膜瘤的临床疗效及安全性。**方法** 选择2023年6月至2025年3月在沧州市中心医院接受显微外科手术治疗的196例颅底脑膜瘤患者为研究对象,随机分为导航组和对照组,各98例。导航组患者接受荧光引导联合神经导航辅助下的显微外科手术治疗,对照组患者仅接受显微外科手术治疗。对比2组患者手术情况、临床疗效,评估术前及术后3个月2组患者神经功能评分、生活质量,统计2组患者并发症发生情况。**结果** 导航组患者手术时间短于对照组,术中出血量少于对照组,全切除比例高于对照组,差异均具有统计学意义($P<0.05$)。2组患者总有效率比较,差异无统计学意义($P>0.05$)。术后3个月,2组患者格拉斯哥昏迷量表(GCS)评分、Karnofsky功能状态(KPS)评分均高于术前,且导航组高于对照组,差异均具有统计学意义($P<0.05$)。术后3个月,2组患者生理功能、躯体疼痛、一般健康情况、精神健康评分及简明健康状况调查问卷(SF-36)总评分均显著高于术前($P<0.05$),且导航组高于对照组($P<0.05$);2组患者术后3个月生理职能、精力、社会功能、情感职能评分比较,差异均无统计学意义($P>0.05$)。2组患者术后3个月内并发症总发生率比较,差异无统计学意义($P>0.05$)。**结论** 荧光引导联合神经导航辅助显微外科手术治疗颅底脑膜瘤安全有效。与单纯显微外科手术相比,该联合技术可显著缩短手术时间,减少术中出血量,提高肿瘤全切除率,更有效地促进患者术后神经功能恢复,并改善其生理功能、躯体疼痛、一般健康状况及精神健康维度的生活质量。

[关键词] 颅底脑膜瘤;显微外科手术;荧光引导;神经导航;临床疗效

[中图分类号] R739.45;R739.41 [文献标志码] A [收稿日期] 2025-10-30

Clinical efficacy and safety analysis of microsurgery combined with fluorescence navigation in the treatment of skull base meningiomas

DONG Hai-jun[1], GUO Jun-xia[2], LIANG Sheng[3] (1. Department of Neurosurgery, Handan Hospital of Integrated Traditional Chinese and Western Medicine, Handan Hebei 056000, China; 2. Department of Hematology, Handan First Hospital, Handan Hebei 056002, China; 3. Pharmacy Department, Cangzhou Central Hospital, Cangzhou Hebei 061012, China)

Abstract: Objective To evaluate the clinical efficacy and safety of microsurgery combined with fluorescence navigation in the treatment of skull base meningiomas. **Methods** A total of 196 patients with skull base meningiomas who underwent microsurgical treatment in

[基金项目] 河北省医学科学研究课题计划(20230693)

[通信作者] 董海军,E-mail:hdswdhj@qq.com

[19] 马民荣,蔡轶良,诸一吕. 多层螺旋CT联合超声在胆囊结石合并胆囊炎术前评估中的价值[J]. 医学影像学杂志,2024,34(3):154-156.

[20] 詹先锋,邱 钧,项本宏,等. 经腹腔镜逆行胆囊切除术治疗复杂胆囊结石术后并发症的危险因素分析[J]. 中国中西医结合外科杂志,2022,28(2):212-217. doi:10.3969/j.issn.1007-6948.2022.02.012.

[21] 马晓光,孙君儒,王 晓,等. 经腹腔镜逆行胆囊切除术治疗复杂胆囊结石中转开腹的预测列线图的构建与验证[J]. 安徽医药,2024,28(1):74-79. doi:10.3969/j.issn.1009-6469.2024.01.016.

[22] 张 宇,张家胜,丁 锐,等. 腹腔镜胆囊切除术中转开腹相关因素的多元Logistic回归分析[J]. 湖南师范大学学报(医学版),2021,18(4):25-27. doi:10.3969/j.issn.1673-016X.2021.04.007.

[23] 仝仲凯,郝志强,王志斌. 急性结石性胆囊炎患者腹腔镜胆囊切除术中转开腹手术的影响因素分析[J]. 中国临床医生杂志,2022,50(12):1474-1476. doi:10.3969/j.issn.2095-8552.2022.12.025.

[24] Jarrar MS, Fourati A, Fadhl H, et al. Risk factors of conversion in laparoscopic cholecystectomies for lithiasic acute cholecystitis. Results of a monocentric study and review of the literature[J]. Tunis Med,2019,97(2):344-351.

[25] 陈爱娥,彭向前,陈利娜. 术前多层螺旋CT检查胆囊结石合并胆囊炎患者对术式选择的指导意义分析[J]. 实用肝脏病杂志,2024,27(3):466-469. doi:10.3969/j.issn.1672-5069.2024.03.037.

[26] 张新宇,李欣益,郑韵琳,等. 探讨增强CT在鉴别胆囊癌侵犯肝脏与肝癌累及胆囊病变中的应用价值[J]. 重庆医科大学学报,2023,48(3):286-290. doi:10.13406/j.cnki.cyxb.003181.

(编辑:魏 源)

Cangzhou Central Hospital from June 2023 to March 2025 were selected and randomly divided into the navigation group and the control group, with 98 cases in each group. Patients in the navigation group received microsurgical treatment assisted by fluorescence guidance and neuronavigation, while patients in the control group received only microsurgical treatment. The surgical conditions and clinical efficacy of patients in the two groups were compared. The neurological function scores and quality of life of patients in the two groups before surgery and 3 months after surgery were evaluated. The occurrence of complications in the two groups of patients was statistically analyzed. **Results** The operation time of patients in the navigation group was shorter than that in the control group, the intraoperative blood loss was less than that in the control group, and the proportion of total resection was higher than that in the control group, the differences were all statistically significant (P<0.05). There was no statistically significant difference in the total effective rate between the two groups of patients (P>0.05). At 3 months after surgery, the Glasgow coma scale (GCS) score and Karnofsky performance status (KPS) score of both groups were higher than those before surgery, and the above scores of the navigation group were higher than those of the control group, the differences were statistically significant (P<0.05). At 3 months after surgery, the scores of physiological function, bodily pain, general health, mental health and the total score of the short-form-36 health survey questionnaire (SF-36) in both groups were significantly higher than those before surgery (P<0.05), and the above scores of the navigation group were higher than those of the control group (P<0.05), but no statistically significant difference was observed in the scores of role-physical, vitality, social function and role-emotional of patients between the two groups 3 months after surgery (P>0.05). There was no statistically significant difference in the total incidence of complications within 3 months after surgery between the two groups of patients (P>0.05). **Conclusion** Fluorescence-guided combined with neuronavigation assisted microsurgical treatment for skull base meningiomas is safe and effective. Compared with simple microsurgery, this combined technique can significantly shorten the operation time, reduce intraoperative blood loss, increase the total tumor resection rate, more effectively promote the postoperative neurological function recovery of patients, and improve their quality of life in terms of physiological function, bodily pain, general health and mental health dimensions.

Keywords: skull base meningioma; microsurgery; fluorescence guidance; neuronavigation; clinical efficacy

颅底脑膜瘤因位于颅底深部，周围毗邻脑干、重要颅神经及大血管等关键结构，导致外科手术治疗难度极大[1]。尽管随着显微外科手术技术不断发展，颅底脑膜瘤的治疗效果显著提高，但由于颅底解剖结构复杂、肿瘤与周围组织界限常不清晰，单纯依靠术者经验和手术显微镜进行操作仍面临肿瘤切除不彻底、术中损伤重要神经血管结构等风险，进而影响患者术后恢复及生活质量[2-4]。近年来神经导航技术的应用为颅底肿瘤手术提供了一定的定位辅助价值，但其在术中组织移位时的准确性易受影响[5]；荧光引导技术通过荧光剂使肿瘤组织特异性显影，有助于清晰识别肿瘤边界，但缺乏精准的空间定位能力[6]。在此背景下，将荧光引导与神经导航联合应用于显微手术中，成为提升颅底脑膜瘤手术精准度和安全性的潜在方向[7]。既往已有研究表明荧光导航辅助下的显微手术在提高肿瘤切除率、减少手术创伤等方面可能具有优势，但目前针对两者联合应用于颅底脑膜瘤手术中的研究仍较为缺乏，其临床疗效及安全性有待进一步验证[8-9]。基于此，本研究通过随机对照设计，对比显微手术联合荧光导航与单纯显微手术在颅底脑膜瘤患者中的治疗效果，为颅底脑膜瘤的临床治疗提供更可靠的循证依据。

1 资料与方法

1.1 临床资料

选取2023年6月至2025年3月在沧州市中心医院接受显微外科手术治疗的颅底脑膜瘤患者进行前瞻性随机对照研究。纳入标准：①经头颅CT、MRI等影像学检查及术后病理检查确诊为颅底脑膜瘤[10]；②年龄在18岁以上；③具有显微外科手术指征；④术前经美国麻醉医师协会（American Society of Anesthesiologists，ASA）分级评估为Ⅰ~Ⅱ级（无严重心、肺、肝、肾功能障碍），可耐受手术。排除标准：①合并脑梗死、脑出血、脑转移瘤等其他脑部疾病；②术前合并严重精神疾病或认知功能障碍；③因个人原因导致无法配合术后随访及评估；④对荧光剂过敏或存在荧光导航技术使用禁忌证；⑤术后病理检查结果缺失或不明确。最终纳入196例患者，采用随机数字表法将其分为导航组和对照组，每组98例。2组患者年龄、性别、病程、合并基础病、肿瘤最大径、肿瘤血供、肿瘤位置、肿瘤形态、肿瘤边界、瘤周水肿、病理类型情况比较，差异均无统计学意义（P>0.05），具有可比性，见表1。本研究已通过沧州市中心医院伦理委员会审批[批准号：2021-113-02(z)]，所有入组患者均签署对本研究的知情同意书。

表1 2组患者基线资料比较

基线资料		导航组（n=98）	对照组（n=98）	χ^2/t	P
年龄（岁）		51.42±5.34	51.69±4.75	0.381	0.703
性别[例（%）]	男	45（45.9）	47（48.0）	0.082	0.775
	女	53（54.1）	51（52.0）		
病程（月）		14.68±2.81	14.69±2.92	0.025	0.980
合并基础病[例（%）]	高血压	28（28.6）	26（26.5）	0.102	0.749
	糖尿病	15（15.3）	17（17.3）	0.149	0.699
	冠心病	10（10.2）	9（9.2）	0.058	0.809
肿瘤最大径（cm）		3.15±0.49	3.21±0.55	0.752	0.453
肿瘤血供[例（%）]	血供丰富	71（72.4）	73（74.5）	0.105	0.746
	血供不丰富	27（27.6）	25（25.5）		
肿瘤位置[例（%）]	前颅底	32（32.7）	30（30.6）	0.112	0.945
	中颅底	41（41.8）	43（43.9）		
	后颅底	25（25.5）	25（25.5）		
肿瘤形态[例（%）]	球形	40（40.8）	38（38.8）	0.107	0.948
	类球形	35（35.7）	37（37.7）		
	分叶状	23（23.5）	23（23.5）		
边界清晰[例（%）]		72（73.5）	70（71.4）	0.102	0.749
瘤周水肿[例（%）]		58（59.2）	61（62.2）	0.193	0.661
病理类型[例（%）]	脑膜皮型	38（38.8）	36（36.7）	0.459	0.994
	纤维型	25（25.5）	27（27.6）		
	混合型	18（18.4）	19（19.4）		
	砂粒体型	8（8.1）	7（7.1）		
	血管瘤型	5（5.1）	6（6.1）		
	分泌型	4（4.1）	3（3.1）		

1.2 治疗方法

1.2.1 对照组 对照组患者仅接受常规显微外科手术治疗。手术入路依据影像学（CT/MRI）肿瘤位置及大小制定：①嗅沟/蝶骨平台肿瘤采用冠状切口+单骨瓣额下入路；②蝶骨嵴/鞍旁肿瘤采用翼点入路；③中颅底肿瘤采用颞下入路；④后颅底肿瘤采用乙状窦后入路。入路选择由主刀医师根据经验决定，确保充分暴露肿瘤。患者全身麻醉后取相应体位，应用Mayfield头架固定头部。常规消毒、铺巾，切开皮肤、皮下组织，颅骨钻孔，铣刀铣下骨瓣并充分暴露硬脑膜。“十”字形切开硬脑膜释放脑脊液以降低颅内压。在手术显微镜下分离肿瘤与周围粘连组织。对于质地较软的肿瘤组织使用吸引器和双极电凝分块切除；对于质地较韧的肿瘤使用超声吸引器或激光进行切除。在切除肿瘤过程中观察肿瘤的色泽、质地和与周围组织的关系以判断肿瘤边界，尽量完整切除肿瘤。对于与重要神经、血管粘连紧密的肿瘤组织不可强行切除。肿瘤切除后仔细检查手术野，止血，用生理盐水冲洗伤口，确认无活动性出血后缝合硬脑膜，还纳骨瓣并逐层缝合头皮。手术由3名具有10年以上颅底脑膜瘤手术经验的副主任医师主刀。

1.2.2 导航组 术前准备：术前2 h静脉滴注1%荧光素钠注射液（美国Alcon Laboratories,Inc.，批号：H20130649），稀释为1%浓度，滴注速度1.5~2.0 mg/kg（总剂量75~100 mg）。滴注后患者于避光病房观察30 min，无过敏反应（如皮疹、瘙痒）后开始手术。将患者的头颅CT、MRI等影像学资料导入神经导航系统工作站进行三维重建，标记肿瘤的位置、大小和周围重要神经、血管结构。在患者头部粘贴6~8个皮肤标记用于术中注册和导航定位。

手术过程：患者全身麻醉后取合适体位，Mayfield头架固定头部。暴露硬脑膜过程与对照组一致。打开荧光显微镜的荧光通道，肿瘤组织在荧光显微镜下呈现出明显的荧光信号，与周围正常组织形成鲜明对比，在神经导航系统的引导下使用导航探针确定肿瘤的位置和边界，沿肿瘤边界小心分离肿瘤与周围组织的粘连。肿瘤切除过程及方法选择与对照组一致。在切除肿瘤过程中密切关注神经导航系统的实时反馈，确保手术操作在安全范围内进行，避免损伤周围重要神经、血管结构。对于与重要神经、血管粘连紧密的肿瘤组织不可强行切除，可残留少量肿瘤组织。肿瘤切除后仔细检查手术野，止血，并用生理盐水冲洗伤口，确认无活动性出血后缝合硬脑膜，还纳骨瓣并逐层缝合头皮。主刀医师与对照组完全一致。

1.3 观察指标

记录患者手术时间、术中出血量及肿瘤切除程度，包括全切除（肿瘤组织完全切除，术后影像学检查无肿瘤残留）、次全切除（肿瘤切除90%以上，但仍有少量肿瘤残留）、大部分切除（肿瘤切除70%~90%）和部分切除（肿瘤切除不足70%）。采用改良的Macdonald标准对临床疗效进行评估[11]。治愈：肿瘤完全切除，临床症状和体征消失，术后随访无复发；好转：肿瘤大部分切除或次全切除，临床症状和体征明显改善；无效：肿瘤切除不足70%，或术后出现严重并发症，临床症状和体征无改善甚至加重。总有效率=（治愈例数+好转例数）/总例数×100%。术前及术后3个月采用格拉斯哥昏迷量表（Glasgow coma scale，GCS）评分评估患者神经功能，满分15分，分数越高表示意识状态越好[12]。术前及术后3个月采用Karnofsky功能状态（Karnofsky performance status，KPS）评分评估患者日常生活自理能力，满分100分，分数越高表示功能状态越好[13]。术前及术后3个月采用简明健康状况调查问卷（short-form-36 health survey questionnaire, SF-36）评估患者的生活质量[14]。该问卷包括生理功能、生理职能、躯体疼痛、一般健康状况、精力、社会功能、情感职能、精神健康8个维度，每个维度0~100分，得分越高表示生活质量越好。统计术后3个月内患者并发症发生情

况,包括颅内感染、颅内出血、脑脊液漏、癫痫发作、神经功能障碍等。

1.4 统计学方法

手术时间、术中出血量、GCS评分、KPS评分、SF-36各维度评分等计量资料经*Shapiro-Wilk*检验均符合正态分布,方差齐性,采用均数±标准差($\bar{x}\pm s$)表示,组间比较采用独立样本t检验,组内比较采用配对样本t检验。并发症发生率、肿瘤切除程度等计数资料以率(%)表示,组间比较采用χ^2检验。临床疗效等级资料采用秩和检验。显著性水平α=0.05。P<0.05为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 2组患者手术情况比较

导航组患者手术时间短于对照组,术中出血量少于对照组,全切除比例高于对照组,差异具有统计学意义(P<0.05),见表2。

表2 2组患者手术情况比较

组别	n	手术时间(min)	术中出血量(mL)	肿瘤切除程度[例(%)]		
				全切除	次全切除	大部分切除
导航组	98	211.95±24.81	158.00±25.27	76(77.6)	15(15.3)	7(7.1)
对照组	98	232.82±19.71	181.49±24.20	58(59.2)	22(22.4)	18(18.4)
t/χ^2		6.520	6.646		8.582	
P		<0.001	<0.001		0.014	

2.2 2组患者临床疗效比较

2组患者总有效率比较,差异无统计学意义(P>0.05),见表3。

表3 2组患者临床疗效比较[例(%)]

组别	n	治愈	好转	无效	总有效
导航组	98	62(63.3)	28(28.5)	8(8.2)	90(91.8)
对照组	98	50(51.0)	32(32.7)	16(16.3)	82(83.7)
χ^2					3.039
P					0.081

2.3 2组患者神经功能及日常生活自理能力比较

2组患者术前GCS评分、KPS评分比较,差异均无统计学意义(P>0.05)。术后3个月,2组患者的GCS评分、KPS评分均高于术前,且导航组高于对照组,差异均具有统计学意义(P<0.05),见表4。

表4 2组患者神经功能及日常生活自理能力比较($\bar{x}\pm s$,分)

组别	n	GCS评分				KPS评分			
		术前	术后3个月	t	P	术前	术后3个月	t	P
导航组	98	12.99±0.63	14.41±0.51	17.042	<0.001	70.08±5.91	85.28±5.87	17.306	<0.001
对照组	98	12.98±0.61	13.82±0.48	9.938	<0.001	70.26±5.48	79.68±6.28	11.357	<0.001
t		0.115	8.297			0.213	6.442		
P		0.909	<0.001			0.832	<0.001		

2.4 2组患者生活质量评分变化比较

2组患者术前各维度SF-36评分及总评分比较,差异均无统计学意义(P>0.05);术后3个月,2组患者生理功能、躯体疼痛、一般健康情况、精神健康评分及SF-36总评分均显著高于术前(P<0.05),且导航组高于对照组(P<0.05);2组患者术后3个月生理职能、精力、社会功能、情感职能评分比较,差异均无统计学意义(P>0.05),见表5。

2.5 2组患者并发症发生率比较

2组患者术后3个月内并发症总发生率比较,差异无统计学意义(P>0.05),见表6。

3 讨论

本研究结果显示,接受荧光导航辅助显微手术治疗的颅底脑膜瘤患者在手术时间、术中出血量及肿瘤全切除比例方面均显著优于对照组,提示联合技术在提升手术效率与精准度方面的优势。这是由于术前通过神经导航系统对肿瘤位置、周围血管及神经结构进行三维重建,规划了最优手术路径,进而缩短手术时间;神经导航可实时显示手术器械与周围血管的相对位置以避免误伤重要血管;而荧光显影不仅能帮助术者清晰区分肿瘤与正常组织,避免了传统手术中依赖肉眼和经验判断肿瘤边界的盲目性,还可通过血管荧光信号辅助识别肿瘤供血动脉,便于术者在切除肿瘤前精准处理血管,从而减少术中出血[15-16]。Lauwerends等[17]研究证实,荧光引导手术可帮助术者区分肿瘤与正常组织边界,尤其在颅底等复杂解剖区域中的应用具有较高价值。颅底脑膜瘤因位置深在、与周围结构粘连紧密,传统手术中常因难以判断肿瘤边界而导致残留。而荧光显影可增强肿瘤与正常组织的对比度,尤其对边界模糊或侵袭性生长的肿瘤,能帮助术者识别微小残留病灶;神经导航则通过实时定位校正术中

表5 2组患者生活质量评分变化及比较($\bar{x}\pm s$,分)

生活质量		导航组(n=98)	对照组(n=98)	t	P
生理功能	术前	61.74±7.29	62.01±6.52	0.268	0.789
	术后3个月	77.41±7.27*	71.69±6.38*	5.849	<0.001
生理职能	术前	58.51±7.62	58.05±7.49	0.425	0.671
	术后3个月	68.60±8.44*	68.39±7.78*	0.185	0.854
躯体疼痛	术前	55.53±8.92	54.69±8.68	0.666	0.506
	术后3个月	76.93±7.88*	69.12±9.48*	6.268	<0.001
一般健康情况	术前	55.59±9.54	56.15±8.64	0.432	0.666
	术后3个月	74.67±9.24*	66.46±9.41*	6.165	<0.001
精力	术前	59.39±7.97	60.28±8.59	0.750	0.454
	术后3个月	69.66±6.98*	68.09±6.87*	1.588	0.114
社会功能	术前	63.88±8.76	63.18±8.36	0.567	0.571
	术后3个月	72.76±8.76*	73.23±9.27*	0.372	0.710
情感职能	术前	60.37±9.33	59.20±8.59	0.908	0.365
	术后3个月	66.53±8.59*	67.09±9.18*	0.442	0.659
精神健康	术前	58.24±8.07	57.40±7.93	0.741	0.459
	术后3个月	78.36±8.36*	71.02±9.53*	5.729	<0.001
总评分	术前	59.16±2.99	58.87±3.13	0.654	0.514
	术后3个月	73.11±2.86*	69.39±2.77*	9.256	<0.001

*:与术前比较,P<0.05

表6 2组患者并发症情况比较[例(%)]

并发症	导航组(n=98)	对照组(n=98)	χ^2	P
颅内感染	1(1.0)	1(1.0)		
颅内出血	0(0)	1(1.0)		
脑脊液漏	1(1.0)	1(1.0)		
癫痫发作	1(1.0)	2(2.0)		
神经功能障碍	3(3.1)	6(6.1)		
合计	6(6.1)	11(11.2)	1.610	0.204

组织移位以确保切除范围精准[15]。因此,显微手术联合荧光导航通过优化手术规划、精准识别肿瘤边界及保护周围结构实现了手术时间缩短、出血量减少及全切除率提升,为颅底脑膜瘤的高效、安全治疗提供了技术支持。

在神经功能恢复方面,本研究发现导航组患者术后3个月的GCS评分和KPS评分均显著高于术前,且显著高于对照组,提示荧光引导联合神经导航辅助的显微手术在改善颅底脑膜瘤患者术后神经功能及日常生活自理能力方面具有更优效果。颅底区域神经密集且解剖复杂,传统显微手术依赖术者经验判断肿瘤与周围脑组织的边界,可能因牵拉或误操作导致脑组织水肿、缺血,进而影响意识状态。而导航组通过荧光显影清晰区分肿瘤与正常脑组织,并结合神经导航实时定位重要功能区,可在切除肿瘤时最大限度减少对正常脑组织的扰动,降低术后颅内压升高及脑损伤风险,从而促进意识状态的快速恢复[18]。KPS评分聚焦患者日常生活能力,其显著提高与神经功能保护直接相关。颅底脑膜瘤常侵犯或压迫颅神经及运动传导束,术中对这些结构的保护是术后功能恢复的关键[19]。荧光引导联合神经导航可协同帮助术者在剥离肿瘤时更精准地避开神经纤维,减少机械性损伤[20]。在处理与视神经粘连的肿瘤时联合技术可清晰显示神经走行,避免传统手术中可能出现的误触或过度牵拉,从而降低术后视力下降、视野缺损等并发症风险,保障患者术后的基本生活能力。

此外,术后3个月导航组患者在生理功能、躯体疼痛、一般健康情况、精神健康及SF-36总评分上均显著高于对照组,提示显微手术联合荧光导航治疗能更有效地改善颅底脑膜瘤患者的生活质量,这一结果可能与联合技术对肿瘤切除程度、神经功能保护的优势直接相关[21]。颅底脑膜瘤患者生理功能的提升主要得益于肿瘤切除更彻底及神经功能保护更完善[22]。颅底脑膜瘤常压迫运动神经、脑干等重要结构,导致肢体活动受限、吞咽困难等功能障碍。导航组通过荧光显影与神经导航的协同作用,在最大化切除肿瘤的同时减少对运动通路及颅神经的损伤,使患者术后肢体活动、自主生活能力恢复更好。躯体疼痛的缓解与肿瘤压迫解除及手术创伤减少密切相关。肿瘤对周围脑组织、颅神经的长期压迫是导致头痛、神经痛的主要原因,而显微手术联合荧光导航能更彻底地切除肿瘤,解除压迫,进而从根源上减轻疼痛[23]。此外,颅底脑膜瘤患者常因对手术风险高、术后功能障碍的担忧而产生焦虑、抑郁情绪[24]。导航组患者术后疼痛减轻、功能恢复更理想,降低了对疾病复发及生活能力下降的恐惧;同时肿瘤切除更彻底也减少了患者对肿瘤残留需二次手术的心理负担,从而改善情绪状态。综上可知,显微手术联合荧光导航通过提高肿瘤切除率、减少神经损伤及手术创伤,从生理功能恢复、疼痛缓解、整体健康感知及心理状态改善等多维度提升了颅底脑膜瘤患者的生活质量,为患者术后回归正常生活提供了有力支持。

然而,本研究为单中心研究,且样本量相对受限,可能受地域医疗水平、患者群体特征等因素影响,研究结果的外推性和普适性可能受限,难以完全代表不同医疗中心的临床实践情况。此外,本研究随访时间较短,仅观察了患者术后3个月的临床疗效、神经功能、生活质量及并发症情况。由于颅底脑膜瘤存在远期复发风险,且患者长期神经功能恢复和生活质量变化可能随时间推移呈现不同趋势,目前的结果无法充分反映该联合治疗方法对肿瘤远期复发率及患者长期预后的影响。未来可联合多家不同级别、不同地域

的医疗机构开展多中心随机对照研究,扩大样本量的同时纳入更广泛的患者群体,减少单中心研究的地域偏倚,以提高研究结果的代表性和适用性。同时在扩大样本量的基础上针对不同病理类型、肿瘤位置、肿瘤大小及术前神经功能状态的患者进行亚组分析,明确该联合治疗方法在不同亚组中的适用效果,为临床个体化治疗提供更精准的依据。延长术后随访时间,重点关注肿瘤远期复发率、患者长期神经功能恢复情况、生活质量的动态变化及长期并发症发生率,更全面地评估联合治疗方法的远期疗效和安全性。

综上可知,本研究通过前瞻性随机对照研究证实荧光引导联合神经导航辅助显微外科手术治疗颅底脑膜瘤安全有效。与单纯显微外科手术相比,该联合技术可显著缩短手术时间,减少术中出血量,提高肿瘤全切除率,更有效地促进患者术后神经功能恢复,并显著改善其生理功能、躯体疼痛、一般健康状况及精神健康维度的生活质量。

[参考文献]

[1] Ungar R, Kilian-Meneghin J, Eckroate B, et al. Recent technology development in radiotherapy for intracranial meningiomas[J]. Front Neurol, 2025, 16: 1568898. doi: 10.3389/fneur.2025.1568898.

[2] 杨吉鹏,王同聚,卢圣奎,等. 多模态全息影像技术辅助中央区脑膜瘤手术切除的应用价值[J]. 河北医药, 2024, 46(9): 1305-1310. doi: 10.3969/j.issn.1002-7386.2024.09.005.

[3] 李　燃,张万增,赵庚水. 脑膜瘤的临床治疗进展[J]. 中国临床神经外科杂志, 2024, 29(7): 442-445. doi: 10.13798/j.issn.1009-153X.2024.07.013.

[4] 肖　瑾,程　翔,李　超,等. 神经内镜手术切除颅内深部脑膜瘤的疗效分析[J]. 中华神经外科杂志, 2025, 41(2): 165-169. doi: 10.3760/cma.j.cn112050-20240724-00223.

[5] 苏冬梅. 神经导航下显微外科手术治疗侧脑室脑膜瘤的效果及术后生活质量水平观察[J]. 中国现代医药杂志, 2025, 27(4): 30-34. doi: 10.3969/j.issn.1672-9463.2025.04.005.

[6] Matsuda M, Sugii N, Sakamoto N, et al. Significance of 5-ALA-Guided fluorescence in resection of invasive intracranial meningiomas: findings from a prospective clinical study[J]. Cancers (Basel), 2025, 17(7): 1191. doi: 10.3390/cancers17071191.

[7] 王　忠,张晓军,张瑞剑,等. 神经导航联合术中荧光素钠引导技术治疗脑转移瘤的临床研究[J]. 中华实验外科杂志, 2024, 41(10): 2337-2340. doi: 10.3760/cma.j.cn421213-20240420-00397.

[8] 王　忠,周志彪,张晓军,等. 多模态神经导航联合术中超声及荧光素钠引导高级别胶质瘤精准切除[J]. 临床神经外科杂志, 2025, 22(2): 158-165. doi: 10.3969/j.issn.1672-7770.2025.02.007.

[9] Zhang X, Jaman E, Habib A, et al. A novel 5-aminolevulinic acid-enabled surgical loupe system-a consecutive brain tumor series of 11 cases[J]. Oper Neurosurg, 2022, 22(5): 298-304. doi: 10.1227/ons.0000000000000141.

[10] 中华医学会神经外科学分会神经肿瘤学组. 脑膜瘤分子诊疗专家共识(2022版)[J]. 中华神经外科杂志, 2023, 39(4): 325-338. doi: 10.3760/cma.j.cn112050-20230112-00009.

[11] 李守巍,江　涛. 高级别胶质瘤治疗反应评判的新标准[J]. 中华神经外科杂志, 2013, 29(11): 1180-1182. doi: 10.3760/cma.j.issn.1001-2346.2013.11.036.

[12] Barami K. Confounding factors impacting the Glasgow coma score: a literature review[J]. Neurol Res, 2024, 46(5): 479-486. doi: 10.1080/01616412.2024.2329860.

[13] Joubert C, Sellier A, Sahuc P, et al. Neurosurgery for intracranial meningioma in patients aged more than 80 years: benefits and rationale[J]. Br J Neurosurg, 2021, 35(4): 470-475. doi: 10.1080/02688697.2021.1875397.

[14] Burholt V, Nash P. Short Form 36 (SF-36) Health Survey Questionnaire: normative data for Wales[J]. J Public Health (Oxf), 2011, 33(4): 587-603. doi: 10.1093/pubmed/fdr006.

[15] Ndabakuranye JP, Raschke J, Avagiannis P, et al. A compact fluorescence system for tumor detection: performance and integration potential[J]. Biosensors (Basel), 2025, 15(2): 95. doi: 10.3390/bios15020095.

[16] Tan Y, Yu Y, Liao X, et al. Prognostic impact of sodium fluorescein-guided microsurgery on cognitive function, neuropeptide dynamics, and short-term outcomes in brain glioma patients[J]. Am J Cancer Res, 2024, 14(4): 1880-1891. doi: 10.62347/WFSK7541.

[17] Lauwerends LJ, van Driel PBAA, Baatenburg de Jong RJ, et al. Real-time fluorescence imaging in intraoperative decision making for cancer surgery[J]. Lancet Oncol, 2021, 22(5): e186-e195. doi: 10.1016/S1470-2045(20)30600-8.

[18] Zamay G, Koshmanova A, Narodov A, et al. Visualization of brain tumors with infrared-labeled aptamers for fluorescence-guided surgery[J]. J Am Chem Soc, 2024, 146(36): 24989-25004. doi: 10.1021/jacs.4c06716.

[19] McCracken DJ, Schupper AJ, Lakomkin N, et al. Turning on the light for brain tumor surgery: a 5-aminolevulinic acid story[J]. Neuro Oncol, 2022, 24(Suppl 6): S52-S61. doi: 10.1093/neuonc/noac191.

[20] San A, Rahman RK, Sanmugananthan P, et al. Health-related quality of life outcomes in meningioma patients based upon tumor location and treatment modality: a systematic review and meta-analysis[J]. Cancers (Basel), 2023, 15(19): 4680. doi: 10.3390/cancers15194680.

[21] Kofoed Lauridsen E, Ciochon UM, Tolver A, et al. Long-term postoperative health-related quality of life in patients with subfrontal meningiomas[J]. J Neurosurg, 2022, 138(6): 1542-1551. doi: 10.3171/2022.9.JNS22826.

[22] Jankovic D, Kalasauskas D, Othman A, et al. Predictors of neurological worsening after resection of spinal meningiomas[J]. Cancers (Basel), 2023, 15(22): 5408. doi: 10.3390/cancers15225408.

[23] Deng MY, Maas SLN, Anil G, et al. Postoperative radiotherapy in subtotally-resected recurrent WHO grade 1 meningiomas with intermediate-/high-risk molecular profiles[J]. Neuro Oncol, 2025, 27(9): 2370-2381. doi: 10.1093/neuonc/noaf125.

[24] Kasper G, Hart S, Samuel N, et al. Anxiety and depression in patients with intracranial meningioma: a mixed methods analysis[J]. BMC Psychol, 2022, 10(1): 93. doi: 10.1186/s40359-022-00797-6.

(编辑:杨　颖)