

环泊酚与丙泊酚用于脑肿瘤切除术麻醉对脑氧代谢及不良反应的影响

王志杰*, 徐珊, 王剑

(广州医科大学附属脑科医院麻醉科, 广东 广州, 510370)

【摘要】目的 探讨环泊酚与丙泊酚在脑肿瘤切除术患者麻醉中对脑氧代谢及不良反应的影响。**方法** 选取2022年3月至2024年2月广州医科大学附属脑科医院收治的脑肿瘤切除术患者作为研究对象。依据预先制定的纳入与排除标准, 最终纳入120例患者。根据患者术中实际应用的麻醉维持药物进行回顾性分组, 将采用环泊酚维持麻醉的60例患者纳入环泊酚组, 采用丙泊酚维持麻醉的60例患者纳入丙泊酚组。比较2组术前(T0)、术后24 h(T1)、术后72 h(T2)的脑氧代谢指标[颈内静脉血氧饱和度(jugular venous bulb oxygen saturation, S_{jvO₂})、脑氧摄取率(cerebral oxygen extraction rate, CERO₂)], 简易精神状态检查量表(Mini-Mental State Examination, MMSE)评分, 并统计不良反应。**结果** 环泊酚组T1、T2时S_{jvO₂}、CERO₂及MMSE评分均高于丙泊酚组($P < 0.05$); 环泊酚组在T1时不良反应总发生率低于丙泊酚组($P < 0.05$)。**结论** 环泊酚可改善脑肿瘤切除术患者脑氧代谢, 提高术后认知功能, 降低不良反应发生率。

【关键词】 环泊酚; 丙泊酚; 脑肿瘤切除术; 脑氧代谢; 认知功能

【中图分类号】 R971.2

【文献标志码】 A

【文章编号】 1001-5094(2026)05-0459-05

DOI: 10.20053/j.issn1001-5094.202507120538

Comparison of the Effects of Ciprofol versus Propofol on Cerebral Oxygen Metabolism and Adverse Reactions in Patients Undergoing Brain Tumor Resection

WANG Zhijie, XU Shan, WANG Jian

(Department of Anesthesiology, The Affiliated Brain Hospital of Guangzhou Medical University, Guangzhou 510370, China)

【Abstract】Objective To investigate the effects of ciprofol versus propofol on cerebral oxygen metabolism and adverse reactions in patients undergoing brain tumor resection. **Methods** Patients who underwent brain tumor resection surgery in the Affiliated Brain Hospital of Guangzhou Medical University from March 2022 to February 2024 were selected as the research subjects. Based on pre established inclusion and exclusion criteria, 120 patients were included, finally. Retrospective grouping was conducted based on the actual use of anesthesia maintenance drugs in patients during surgery. 60 patients who received maintenance anesthesia with cyclosporine were included in the cyclosporine group, and 60 patients who received maintenance anesthesia with propofol were included in the propofol group. The cerebral oxygen metabolism indexes [jugular venous bulb oxygen saturation (S_{jvO₂}), cerebral oxygen extraction rate (CERO₂)] and Mini-Mental State Examination (MMSE) scores were compared between the two groups preoperatively (T0), 24 h postoperatively (T1), and 72 h postoperatively (T2). The incidence of adverse reactions was also recorded. **Results** The S_{jvO₂}, CERO₂ and MMSE scores at T1 and T2 in the ciprofol group were all higher than those in the propofol group ($P < 0.05$); besides, the total incidence of adverse reactions at T1 in the ciprofol group was significantly lower than that in the propofol group ($P < 0.05$). **Conclusion** Ciprofol can ameliorate cerebral oxygen metabolism, improve postoperative cognitive function in patients undergoing brain tumor resection, and reduce the incidence of adverse reactions.

【Key words】 ciprofol; propofol; brain tumor resection; cerebral oxygen metabolism; cognitive function

脑肿瘤切除术是神经外科常见且复杂的手术之一, 麻醉方案的选择对患者术中脑氧代谢、术后认知功能恢复具有重要影响^[1-2]。近年来, 静脉麻醉药物的选择和应用成为临床关注的热点, 其中丙泊酚作为广泛使用的静脉麻醉剂, 因其起效快、代谢快和不良反应少, 被广泛应用于神经外科手术^[3]。然而, 丙泊酚可能导致部分患者认知功能障碍及脑氧代谢的改变。环泊酚作为新型 γ -氨基丁酸(γ -aminobutyric acid, GABA)受体激动剂, 已在胸腔镜手术、内镜检查中显示出更优的血流动力学稳定性及更低神经抑制残留风险^[4]。但目前针对脑肿瘤切除术环泊酚对脑氧代谢关键指标的调控作用及其与术后认知功能的关联机制尚未明确, 且缺乏与丙泊酚的对照研究数据比较。基于此, 本研究以脑肿瘤切除术患者为研究对象, 聚焦脑氧代谢、认知功能关联轴, 为优化术中麻醉管理、提高手术安全性及改善患者预后提供理论依据。

接受日期: 2025-07-12

*通信作者: 王志杰, 副主任医师

研究方向: 临床麻醉

E-mail: w000428@163.com

1 资料与方法

1.1 一般资料

本研究为单中心回顾性研究, 通过广州医科大

学附属脑科医院伦理委员会审批[批件号：(2025)第(081)号]。选取2022年3月至2024年2月本院收治的脑肿瘤切除术患者作为研究对象，依据预先制定的纳入与排除标准，对电子病历及麻醉记录进行系统筛选与数据提取，最终纳入120例患者；样本量由研究期间符合标准的连续入组病例数决定，未进行事前效能估算。纳入标准：①经头颅增强磁共振成像(magnetic resonance imaging, MRI) + 电子计算机断层扫描(computed tomography, CT)平扫确诊为颅内肿瘤，且手术方案为择期幕上脑肿瘤切除术；②美国麻醉医师协会体格状况分级(American Society of Anesthesiologists Physical Status Classification, ASA) I ~ III级；③肿瘤的位

置、大小和生长方式允许进行外科切除；④肿瘤位于额叶、颞叶、顶叶非功能区，未累及核心功能中枢；⑤患者签署知情同意书。排除标准：①对丙泊酚、环泊酚或研究中其他用药(咪达唑仑、舒芬太尼等)成分过敏者；②患有其他恶性肿瘤；③肿瘤位于深部脑区(如丘脑、脑干)；④术前存在脑疝、颅内压>20 mmHg(1 mmHg ≈ 0.133 kPa)或近期1个月内有颅内出血史。根据患者术中实际应用的麻醉维持药物进行回顾性分组，将采用环泊酚维持麻醉的60例患者纳入环泊酚组，采用丙泊酚维持麻醉的60例患者纳入丙泊酚组。2组一般资料比较，差异无统计学意义($P>0.05$)，见表1。

表1 2组一般资料比较

组别	<i>n</i>	性别/例(%)		年龄/岁 ($\bar{x} \pm s$)	BMI/kg·m ⁻² ($\bar{x} \pm s$)	ASA 分级/例(%)			肿瘤位置/例(%)				肿瘤最大径/cm ($\bar{x} \pm s$)
		男	女			I级	II级	III级	额叶	颞叶	顶叶	其他部位	
环泊酚组	60	32 (53.33)	28 (46.67)	48.52 ± 9.14	22.68 ± 2.54	25 (41.67)	28 (46.67)	7 (11.67)	18 (30.00)	15 (25.00)	12 (20.00)	15 (25.00)	3.21 ± 0.85
丙泊酚组	60	30 (50.00)	30 (50.00)	47.89 ± 8.76	22.41 ± 2.39	27 (45.00)	26 (43.33)	7 (11.67)	20 (33.33)	14 (23.33)	11 (18.33)	15 (25.00)	3.35 ± 0.92
χ^2/t		0.134		0.385	0.600	0.151			0.183				0.866
<i>P</i>		0.715		0.701	0.550	0.927			0.980				0.388

BMI: 体重指数; ASA: 美国麻醉医师协会体格状况分级

1.2 方法

丙泊酚组：①麻醉诱导：咪达唑仑注射液（江苏恩华药业股份有限公司，国药准字 H10980025，规格：2 mL：10 mg）0.05 mg·kg⁻¹ + 枸橼酸舒芬太尼注射液（江苏恩华药业股份有限公司，国药准字 H20203653，规格：10 mL：50 ug）0.3 μg·kg⁻¹ + 苯磺顺阿曲库铵注射液（江苏恒瑞医药股份有限公司，国药准字 H20183042，规格：5 mL：10 mg）0.15 mg·kg⁻¹，静脉注射丙泊酚乳状注射液（国内某制药公司，规格：50 mL：0.5 g）2.0 mg·kg⁻¹。②麻醉维持：丙泊酚 4 ~ 6 mg·kg⁻¹·h⁻¹ 持续泵注，注射用盐酸瑞芬太尼（宜昌人福药业有限责任公司，国药准字 H20030197，规格：1 mg）1 ~ 2 μg·kg⁻¹·min⁻¹，间断追加泵注顺阿曲库铵 0.1 mg·kg⁻¹·h⁻¹，维持肌松。③术毕苏醒：手术结束前 30 min 停用苯磺顺阿曲库铵，结束时停用丙泊酚及盐酸瑞芬太尼，待患者自主呼吸恢复（潮气量 > 6 mL·kg⁻¹，呼吸频率 12 ~ 20 次·min⁻¹）、意识清醒后拔除气管导管。

环泊酚组：①麻醉诱导：环泊酚注射液（国内某制药公司，规格：20 mL：50 mg）剂量 0.4 mg·kg⁻¹（静脉推注，速度 5 mL·min⁻¹），其余用药（咪达唑仑、枸橼酸舒芬太尼注射液、苯磺顺阿曲库铵注射

液）的种类、剂量、给药方式均与丙泊酚组一致。②麻醉维持：环泊酚持续泵注，剂量 1.0 ~ 1.5 mg·kg⁻¹·h⁻¹，根据脑电双频指数(bispectral index, BIS)调整，维持 40 ~ 60，盐酸瑞芬太尼、苯磺顺阿曲库铵的用法用量与丙泊酚组一致；术毕苏醒：同丙泊酚组。

1.3 观察指标

1.3.1 脑氧代谢 术前(T0)、术后 24 h(T1)、术后 72 h(T2)采集患者 3 mL 颈内静脉血，置入肝素抗凝无菌真空采血管，采用血气分析仪（丹麦雷度公司，型号：ABL90 FLEX PLU）检测颈内静脉血氧饱和度(jugular venous bulb oxygen saturation, SjvO₂)、脑氧摄取率(cerebral oxygen extraction rate, CERO₂)。

1.3.2 认知功能 采用简易精神状态检查量表(Mini-Mental State Examination, MMSE)^[5]评估患者 T0、T1、T2 时的认知功能。MMSE 量表满分为 30 分，评分 ≥ 24 分提示认知功能处于正常范围，19 ~ 23 分为轻度认知功能障碍，10 ~ 18 分为中度认知功能障碍，< 10 分为重度认知功能障碍。

1.3.3 不良反应 记录患者 T1 时的低血压、注射痛、头晕等不良反应发生率。

1.4 统计学方法

采用 SPSS 28.0 软件进行数据分析。脑氧代谢及认知功能等重复测量资料用均数 $\pm$ 标准差 ($\bar{x} \pm s$) 表示,组间、不同时间点比较采用方差分析,组内事后两两比较采用 Bonferroni 法校正;不良反应等计数资料采用例 (%) 进行统计描述,组间差异行 χ^2 检验。以 $P < 0.05$ 表示差异有统计学意义。

2 结果

2.1 脑氧代谢水平

T1、T2 时,2 组 $SjvO_2$ 水平均高于 T0 时, $CERO_2$ 水平均低于 T0 时,环泊酚组 T1、T2 时 $SjvO_2$ 、 $CERO_2$ 水平均高于丙泊酚组,差异有统计学意义 ($P < 0.05$),见表 2。

表 2 2 组脑氧代谢水平比较 ($\bar{x} \pm s$)

组别	n	SjvO ₂ /%			CERO ₂ /%		
		T0	T1	T2	T0	T1	T2
环泊酚组	60	62.60 $\pm$ 3.53	74.60 $\pm$ 5.45 ^{*△}	79.08 $\pm$ 4.12 ^{*△}	39.55 $\pm$ 1.48	34.36 $\pm$ 2.10 ^{*△}	38.30 $\pm$ 2.15 ^{*△}
丙泊酚组	60	62.48 $\pm$ 3.60	72.90 $\pm$ 4.97 [*]	77.10 $\pm$ 3.87 [*]	40.03 $\pm$ 1.51	32.66 $\pm$ 1.95 [*]	36.55 $\pm$ 2.08 [*]
$F_{\text{组间}}, P_{\text{组间}}$			7.142, 0.004			10.154, 0.012	
$F_{\text{时间}}, P_{\text{时间}}$			5.238, 0.014			8.204, 0.007	
$F_{\text{交互}}, P_{\text{交互}}$			4.336, 0.025			3.395, 0.002	

*与同组 T0 时比较, $P < 0.05$; Δ 与丙泊酚组比较, $P < 0.05$; $SjvO_2$: 颈内静脉血氧饱和度; $CERO_2$: 脑氧摄取率

2.2 认知功能

2 组 T1、T2 时 MMSE 评分均低于 T0 时,且环

泊酚组 T1、T2 时 MMSE 评分均高于丙泊酚组,差异有统计学意义 ($P < 0.05$),见表 3。

表 3 2 组简易精神状态检查量表评分比较 ($\bar{x} \pm s$)

组别	n	T0/分	T1/分	T2/分
环泊酚组	60	25.40 $\pm$ 0.75	20.78 $\pm$ 1.94 ^{*△}	23.72 $\pm$ 2.26 ^{*△}
丙泊酚组	60	25.06 $\pm$ 0.84	19.30 $\pm$ 2.11 [*]	22.12 $\pm$ 1.13 [*]
$F_{\text{组间}}, P_{\text{组间}}$			6.406, 0.005	
$F_{\text{时间}}, P_{\text{时间}}$			4.169, 0.011	
$F_{\text{交互}}, P_{\text{交互}}$			2.534, 0.020	

*与同组 T0 时比较, $P < 0.05$; Δ 与丙泊酚组比较, $P < 0.05$

2.3 不良反应

环泊酚组不良反应总发生率低于丙泊酚组

($P < 0.05$),见表 4。

表 4 2 组不良反应比较

组别	n	低血压/例 (%)	注射痛/例 (%)	头晕/例 (%)	总发生/例 (%)
环泊酚组	60	4 (6.67)	5 (8.33)	2 (3.33)	11 (18.33)
丙泊酚组	60	6 (10.00)	9 (15.00)	6 (10.00)	21 (35.00)
χ^2					4.261
P					0.039

3 讨论

脑肿瘤切除术主要用于去除颅内良、恶性肿瘤,以减轻颅内压,改善神经功能,延长患者生存期^[6]。由于脑组织结构复杂、功能分区精细,该类手术对术中麻醉管理和生命体征稳定提出了较高要求^[7]。手术过程中,需严格控制颅内压,维持脑灌注压,确保脑组织供氧充足,以避免因缺氧或缺血导致不

可逆的神经损伤。此外,患者术中和术后常伴有明显的应激反应和炎症反应,可能影响认知功能恢复,增加术后并发症风险^[8]。因此,合理选择安全且有效的麻醉方式和药物,对于确保手术顺利实施、降低神经系统损伤风险以及促进术后康复具有重要作用。

环泊酚是新型短效静脉麻醉药,通过增强 GABA 受体介导的中枢抑制效应发挥镇静催眠作

用,具有起效快、作用时间短、代谢清除易、体内蓄积少的特点,对心血管和呼吸抑制较轻,术中血流动力学稳定,术后苏醒快、不良反应少、安全性与耐受性良好^[9]。王丹等^[10]研究显示,环泊酚在老年胸腔镜肺癌手术中麻醉效果优于丙泊酚,血流动力学更稳定、术后苏醒佳、应激炎症低。丙泊酚虽也通过增强 GABA 受体功能起效,有起效快、作用时间短、苏醒快且清醒度高的特点,但存在明显剂量依赖性心血管抑制与呼吸抑制的风险^[11]。

脑氧代谢平衡是术中维持脑组织供血与能量代谢的核心,患者出现低灌注或高代谢,会直接引发脑血管反应性异常,甚至导致不可逆的神经功能损伤,而环泊酚与丙泊酚对脑氧代谢及认知功能的差异化影响,本质是两者对脑血流动力学、氧利用效率及中枢神经作用的机制差异所致。SjvO₂是反映脑组织氧供需平衡的关键指标,其水平由脑血流量、脑代谢率及氧摄取能力共同决定^[12]。经分析,术前 T0 因颅内肿瘤占位压迫脑血管,升高颅内压,脑血流调节受限,脑氧供需处于失衡代偿状态,SjvO₂基础值偏低。术后 T1 肿瘤切除,颅内占位解除,脑灌注快速恢复,脑氧供需显著改善,SjvO₂较 T0 明显升高。T2 时手术创伤应激、机体炎症反应进一步消退,脑血流动力学与脑血管自主调节功能趋于稳定,脑氧代谢持续优化,因此指标进一步提升,T2 时高于 T1。相较于丙泊酚,环泊酚可通过激活磷脂酰肌醇 3-激酶(phosphatidylinositol 3-kinase, PI3K)/蛋白激酶 B (protein kinase B, PKB, 又称 Akt) 信号通路,保护脑微血管内皮细胞完整性,有效维持术后脑血管自主调节功能,稳定脑血流量,持续优化脑组织氧供与氧耗平衡。同时,环泊酚可改善脑细胞线粒体代谢功能,提升脑组织氧摄取与利用效率。而丙泊酚会抑制脑血流调节能力,减少脑部有效灌注,削弱脑细胞氧代谢活性,导致脑组织氧利用率下降。CERO₂反映脑组织氧的提取与利用能力,CERO₂升高说明脑细胞在麻醉药作用下仍能保持较高的代谢活性。环泊酚通过维持脑血流稳

定,降低氧耗同时保障脑细胞的氧利用,提高 CERO₂,有利于术后神经功能恢复。因此,环泊酚组患者术后 T1、T2 时间点的 SjvO₂、CERO₂指标均显著高于丙泊酚组,更利于术后脑氧代谢恢复。

在认知功能影响上,环泊酚与丙泊酚组患者的 MMSE 评分的差异,源于两者对脑灌注、药物蓄积及氧化应激的不同作用。环泊酚的优势在于:其一,血流动力学稳定性强,能持续维持脑灌注压,避免脑组织因缺血缺氧受损,而缺血缺氧是术后认知障碍的重要诱因;其二,其药代动力学特性独特,代谢迅速且不易在体内蓄积,对中枢神经系统的抑制程度轻,可减少药物残留导致的认知功能抑制^[13]。丙泊酚虽具备一定神经保护作用,但对脑血流波动的影响更大,易引发短暂脑灌注异常,且会加剧氧化应激反应,氧化应激产物会损伤神经细胞结构与功能,最终导致其术后 MMSE 评分低于环泊酚组,更易引发短暂认知障碍。

环泊酚组不良反应总发生率低于丙泊酚组。环泊酚进入体循环后,依赖血浆非特异性酯酶迅速水解,故血药浓度可快速回落,使得术中低血压、呼吸抑制等血流动力学波动减少。同时,其配方不含脂质乳剂,与丙泊酚相比,注射痛发生率显著降低;快速代谢也减少了中枢残留,因而头晕等不良感受发生率更低^[14]。本研究中术前患者基础状况、肿瘤类型、术中出血量、肿瘤位置差异等潜在混杂因素未完全控制,可能干扰脑氧代谢和认知功能的评估。此外,术后随访时间较短,仅观察至术后 72 h,难以全面反映长期认知结局。认知功能评估未采用多种神经心理量表,可能低估轻度障碍。未来研究可考虑扩大样本规模,开展多中心随机对照试验,延长随访时间,并结合多维度认知评估和影像学检查,提升研究的科学性和准确性。

综上所述,环泊酚用于脑肿瘤切除术麻醉,可通过改善脑氧代谢,显著改善患者术后早期认知功能,且安全性良好,不良反应低,值得临床推广。

【参考文献】

- [1] Tan C L, Jain S, Chan H M, et al. Awake craniotomy for brain tumor resection: patient experience and acceptance in an Asian population[J]. *Asia Pac J Clin Oncol*, 2023, 19(1): 172-178.
- [2] Wang C M, Ji R Q. Response to comments on "incidence, risk factors, and consequences of emergence delirium after elective brain tumor resection"[J]. *Surgeon*, 2022, 20(5): e223-e224.
- [3] 申素峰, 李景义, 胡强夫. 右美托咪定与丙泊酚复合麻醉对脑膜瘤手术患者的麻醉效果及对血流动力学及脑组织的保护作用[J]. *实用癌症杂志*, 2022, 37(12): 1971-1974.
- [4] 刘婧涵, 王媛媛. 环泊酚在老年患者脑动脉瘤栓塞术中的应用效果[J]. *中国新药杂志*, 2024, 33(24): 2582-2586.
- [5] 王廉源, 杨毅, 丛慧文, 等. 不同 MMSE 评分下阿尔兹海默病发病风险因素的贝叶斯分位数回归联合模型分析[J]. *吉林大学学报(医学版)*, 2023, 49(2): 395-401.
- [6] Keng A, Stewart D E, Sheehan K A. Neuropsychiatric symptoms after brain tumor resection in children and adolescents: a scoping review[J]. *J Acad Consult Liaison Psychiatry*, 2022, 63(2): 110-118.

- [7] Dhingra A, Beniwal S S, Calderón D C, *et al.* Effects of anesthesia on tumor perfusion and infiltration during brain tumor neurosurgery[J]. *Ann Med Surg (Lond)*, 2025, 87(7): 4201-4208.
- [8] Morshed R A, Saggi S, Cummins D D, *et al.* Identification of risk factors associated with leptomeningeal disease after resection of brain metastases[J]. *J Neurosurg*, 2023, 139(2): 402-413.
- [9] 宋波, 张永洪, 李军, 等. 环泊酚对体外循环下二尖瓣置换术麻醉诱导期的血流动力学影响[J]. *重庆医学*, 2024, 53(9): 1339-1343.
- [10] 王丹, 殷飞, 孙杨, 等. 环泊酚对老年患者胸腔镜肺癌根治术中血流动力学和术后苏醒质量的影响[J]. *中国现代医学杂志*, 2024, 34(2): 18-22.
- [11] 王轶芃, 刘达琪, 周程辉, 等. 右美托咪定联合丙泊酚对HVR患者氧化应激、脑氧代谢指标和细胞焦亡因子的影响[J]. *现代生物医学进展*, 2024, 24(11): 2052-2056, 2061.
- [12] 陈欢, 司海超, 马新强, 等. 丁苯酞联合醒脑静预防颈动脉内膜剥脱术后脑高灌注综合征的疗效及对其脑氧代谢、氧化应激的影响[J]. *世界中西医结合杂志*, 2023, 18(7): 1462-1465, 1475.
- [13] 张建文, 王绪林, 杨智虎, 等. 环泊酚应用于无痛胃镜检查中的效果及安全性研究[J]. *实用医院临床杂志*, 2023, 20(6): 174-177.
- [14] 陆方舟, 刘美娟, 曾琼, 等. 环泊酚用于脑肿瘤手术患者麻醉诱导的有效性和安全性[J]. *临床麻醉学杂志*, 2025, 41(2): 135-140.

(责任编辑:姚思卉)