

3D 打印导板辅助中少量高血压基底节区脑出血微创穿刺引流术的疗效分析

杨呈浩¹, 张明辉¹, 蓝美锐¹, 邓云良¹, 陈岷辉¹, 王伟²

1. 四川省自贡市第四人民医院神经外科, 四川 自贡 643000; 2. 四川大学华西医院神经外科, 四川 成都 610041

【摘要】 目的 探讨 3D 打印导板辅助中少量高血压基底节区脑出血微创穿刺引流术的临床疗效。**方法** 选择 2020 年 10 月至 2023 年 10 月自贡市第四人民医院收治的 78 例中少量高血压基底节区脑出血患者(出血量 15 ~ 30 ml), 根据患者家属意见, 分为手术组 32 例和对照组 46 例。手术组患者采取 3D 打印导板辅助微创穿刺手术治疗, 对照组患者采取保守治疗, 分析两组患者术后血肿清除效率及术后并发症, 并进行美国国立卫生研究院卒中量表(NIHSS)及改良 Rankin 评分量表(mRS)评分。**结果** 术后头颅 CT 复查结果证实手术组穿刺成功率 100%, 且血肿清除率显著高于对照组, 血肿清除时间显著缩短, 差异有统计学意义($P < 0.001$)。手术组入院 7 天及 3 月的 NIHSS 评分均明显低于对照组($P < 0.005$), 随访 3 月后的预后良好率显著高于对照组($P = 0.007$), 住院时间显著少于对照组($P < 0.001$)。两组患者并发症发生率比较差异无统计学意义($P = 0.402$), 均无死亡病例。进一步分析出血部位累及内囊后肢患者群体, 手术组随访 3 月后的预后良好率显著高于对照组($P = 0.012$)。**结论** 3D 打印辅助导板能有效提高中少量高血压基底节区脑出血微创穿刺准确率并提高血肿清除率, 有助于缩短血肿清除时间和患者住院时间, 改善患者神经功能的早期预后, 疗效优于保守治疗, 可进一步推广应用。

【关键词】 3D 打印; 高血压脑出血; 基底节区; 微创穿刺

【中图分类号】 R651

【文献标志码】 A

【文章编号】 1672-6170(2025)04-0183-06

Analysis of the efficacy of 3D printed guide-assisted minimally invasive puncture and drainage for moderate to small amounts of hypertensive basal ganglia cerebral hemorrhage

YANG Cheng-hao¹, ZHANG Ming-hui¹, LAN Mei-rei¹, DENG Yun-liang¹, CHEN Ming-hui¹, WANG Wei² 1. Department of Neurosurgery, Zigong Fourth People's Hospital, Zigong 643000, China; 2. Department of Neurosurgery, West China Hospital, Sichuan University, Chengdu 610041, China

【Corresponding author】 WANG Wei

【Abstract】 Objective To investigate the therapeutic effect of 3D-printing technology in minimally invasive puncture for moderate to small amount of hypertensive intracerebral hemorrhage in basal ganglia. **Methods** A total of 78 patients diagnosed with moderate and slight hypertensive intracerebral hemorrhage in basal ganglia (hemorrhage volume of 15 ~ 30 ml) admitted to our hospital from October 2020 to October 2023 were selected. The patients were assigned to a surgical treatment group ($n = 32$) and a control group ($n = 46$) according to the opinions of the patients' family. The surgical treatment group was treated with minimally invasive puncture with 3D-printed guide board. The control group was treated with conservative treatment. The postoperative hematoma evacuation efficiency and complications were analyzed. NIHSS and mRS scores were also used for evaluation. **Results** Postoperative CT scans confirmed that success rate for punctures in the surgical treatment group was 100%. The hematoma clearance rate in the surgical treatment group was significantly higher and the hematoma clearance time was significantly shorter than those in the control group ($P < 0.001$). The NIHSS score after 7 days and 3 months in the surgical treatment group was notably lower than those in the control group ($P < 0.005$). The rate of good prognosis after 3 months in the surgical treatment group was higher than that in the control group ($P = 0.007$). The average time of hospital stays of the surgical treatment group was shorter than that of the conservative treatment group ($P < 0.001$). There was no statistically significant difference in the incidence of complications between the two groups ($P = 0.402$). No deaths occurred in either group. Further analysis of the group of patients whose bleeding site involved the posterior limb of the internal capsule showed that the good prognosis rate in the surgical treatment group after 3-month follow-up was significantly higher than that in the control group ($P = 0.012$). **Conclusions** The use of 3D-printing guiding plates can effectively improve the accuracy of minimally invasive puncture for moderate and slight hypertensive intracerebral hemorrhage in basal ganglia and enhance the hematoma clearance rates. This approach helps to shorten both the hematoma clearance time and hospital stays. It also improves the early neurological outcomes. The efficacy of this technology surpasses that of conservative treatment. It can be further promoted and applied.

【Key words】 Three-dimensional printing; Hypertensive intracerebral hemorrhage; Basal ganglia; Minimally invasive puncture

高血压脑出血为神经科常见疾病,具有高致残率、高致死率的特点,目前我国常年发病率仍居高不下,严重危害人民群众的生命健康^[1]。对于血肿量较大、脑水肿较重或昏迷程度较深的病例采取手

术治疗已得到广泛认可,但对于中小量脑出血(出血量 15 ~ 30 ml)、无脑疝风险的病例是否应积极手术干预仍存在争议^[2]。目前,三维影像重建及 3D 打印技术已渗透至各级医院,其个体化设计、高精度的特点使得精准微创穿刺血肿成为可选的治疗方案。我科自 2019 年 10 月开始采用 3D 打印导板

【基金项目】四川省医学会科研基金资助项目(编号:S19070)

【通讯作者】王伟

辅助微创穿刺治疗中少量基底节区脑出血,临床效果较满意,现总结报道如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料 2020 年 10 月至 2023 年 10 月自贡市第四人民医院神经外科收治的中少量高血压基底节区脑出血病例,出血量在 15 ~ 30 ml,具有占位效应,中线结构偏移超过 5 mm,或者同侧侧脑室受压超过 1/2,入院格拉斯哥昏迷评分 (glasgow coma scale, GCS) ≥ 9 分,偏瘫侧肌力 ≤ 3 级。纳入标准:年龄 30 ~ 80 岁,有明确高血压病史;发病后 24 小时内入院者;入院后经影像学检查确诊为脑出血;颅内出血部位位于基底节区;按多田公式计算颅内血肿体积在 15 ~ 30 ml;入院时患者神智清醒或轻度意识障碍。排除标准:入院前已在外院行外科手术治

疗;术前脑疝,颅内肿瘤,脑动脉瘤破裂或其他已知病因导致出血者;合并多脏器功能衰竭或全身性感染性疾病者;合并脑外恶性肿瘤、血液系统疾病、免疫系统疾病者;合并精神疾病者;合并较严重的其他基础疾病者以及其他因素导致的手术不耐受者;凝血功能障碍者。共纳入病例 78 例,其中男 42 例,女 36 例,年龄 (60.2 $\pm$ 14.4) 岁。依据治疗方案不同 (治疗方式的选择主要取决于患者及家属),分为手术组 32 例及对照组 46 例。两组患者在性别、年龄、入院 GCS 评分、入院颅内血肿量等方面比较差异无统计学意义 ($P>0.05$)。见表 1。患者及家属均知情同意并签署同意书,本研究经医院伦理委员会批准。

表 1 两组患者一般临床资料比较

组别	例数	年龄 (岁)	性别 (n)		血肿体积 (ml)	入院 GCS 评分 (分)
			男	女		
手术组	32	62.4 $\pm$ 13.5	17	15	21.2 $\pm$ 3.4	11.7 $\pm$ 1.8
对照组	46	59.8 $\pm$ 15.2	25	21	22.5 $\pm$ 3.6	12.1 $\pm$ 1.7
统计量		$t=0.79$	$\chi^2=0.01$		$t=-1.62$	$t=-0.99$
P		0.76	0.31		0.92	0.37

1.2 方法 两组患者均严格遵照共识或指南推荐,予预防血肿扩大、控制脑水肿、降低颅内压治疗,部分躁动病例予适当镇静、镇痛,严格控制血压,早期强化降压,维持血压在 130 ~ 140 mmHg 左右,采取积极措施预防感染、预防下肢深静脉血栓形成等,病情稳定情况下尽早行床旁康复治疗。对照组:实行保守治疗,予以营养神经药物,根据情况使用甘露醇以及甘油果糖脱水控制颅内压,补液维持电解质平衡,并积极预防卧床相关并发症,如肺部感染、下肢深静脉血栓,床旁康复等治疗。

手术组:实施 3D 打印导板辅助微创穿刺引流手术。①个体化穿刺导板的设计及打印:手术组患者均通过院内影像存储与通信系统 (PACS) 获取 CT 扫描数据,层厚 0.625 mm,导入 3D slicer 软件 (版本:3D slicer 4.10.2),依次通过 Segment Editor 模块 Threshold、Islands、Scissors 等工具及 Curve Maker 模块,完成血肿、头皮三维重建,依据经额部穿刺,避开额窦,切口尽量在发际内,并尽量沿血肿长轴穿刺等原则确定穿刺点、穿刺路径,准确测量血肿体积及穿刺深度,完成穿刺导板的设计。将设计完成的导板数据转换格式后导入 3D 打印机 (打印机型号:极光尔沃 A6 3D 打印机,打印材料:PLA 3D 打印耗材),设置相关参数后开始打印,一般耗时 2 ~ 3 小时完成打印,确定导板完整并去除支撑,贴合患

者额面部确定穿刺点并标记,送手术室进行低温等离子消毒,术中备用。②手术方法:手术组患者均采用全麻气管插管手术,术区常规消毒铺巾,再次用导板确认穿刺点无误后,作额部头皮直切口约 4 cm,颅骨钻孔,“十”字切开硬脑膜,以 3D 打印导板紧密贴合患者额面部 (图 1),用带内芯的引流管沿预设通道穿刺入脑内,避开重要血管组织,达到穿刺中心时 (CT 定位血肿出血量最大厚层),拔出内芯,可见陈旧性血肿溢出,予注射器轻柔抽吸部分血肿 (一般不超过总血肿量的一半),放置并固定引流管,分层间断缝合头皮,检查引流管及引流袋完整性,做好置管时间标记。

1.3 术后处理 手术组患者术后均入 NICU 监护治疗,控制血压平稳,麻醉复苏后拔除气管插管,术后 6 ~ 8 小时复查头部 CT,了解引流管的位置及血肿引流情况,术后第二天,开始予尿激酶 5 万单位+生理盐水 5 ml 注射入血肿腔,关闭引流 2 小时后打开,每日 2 次,复查头部 CT 了解血肿引流情况,视血肿引流情况拔管,一般不超过 5 天。

1.4 观察指标 ①血肿清除效率及住院时间比较:术后 CT 复查血肿体积和引流管位置评估手术治疗组的血肿清除情况和穿刺准确率,引流管位于血肿腔内为穿刺成功。依照多田公式计算剩余血肿体积,血肿体积清除三分之一以上为有效标准。比较

两组患者血肿消除时间及术后住院时间。②并发症:记录两组患者术后颅内感染、二次出血、肺部感染、视觉功能障碍发生率等情况。③临床疗效评估:采用 GCS 评分及美国国立卫生研究院卒中量表(national institute of health stroke scale, NIHSS)^[2]评分对所有患者进行发病初期神经功能评估。并在入院 7 天时再次对所有患者进行 NIHSS 评分,根据患者的意识水平、指令配合度、眼球活动,视野缺损、面部表情瘫痪程度、肢体运动障碍程度、共济失

调、语言表达情况等等进行评分,总分范围为 0~42 分,分数越高代表神经功能受损越严重。常规随访 3 月,采用 NIHSS 评分及改良 Rankin 评分量表评分(modified rankin scale, mRS)^[2]对所有患者进行预后评估,由于内囊后肢是运动、感觉传导纤维高度集中的部位,如果这部分受累,患者后遗症风险更高,并对两组出血部位累及内囊后肢患者进行单独评估,mRS 评分 0~2 分为预后良好,3~6 分为预后不良。

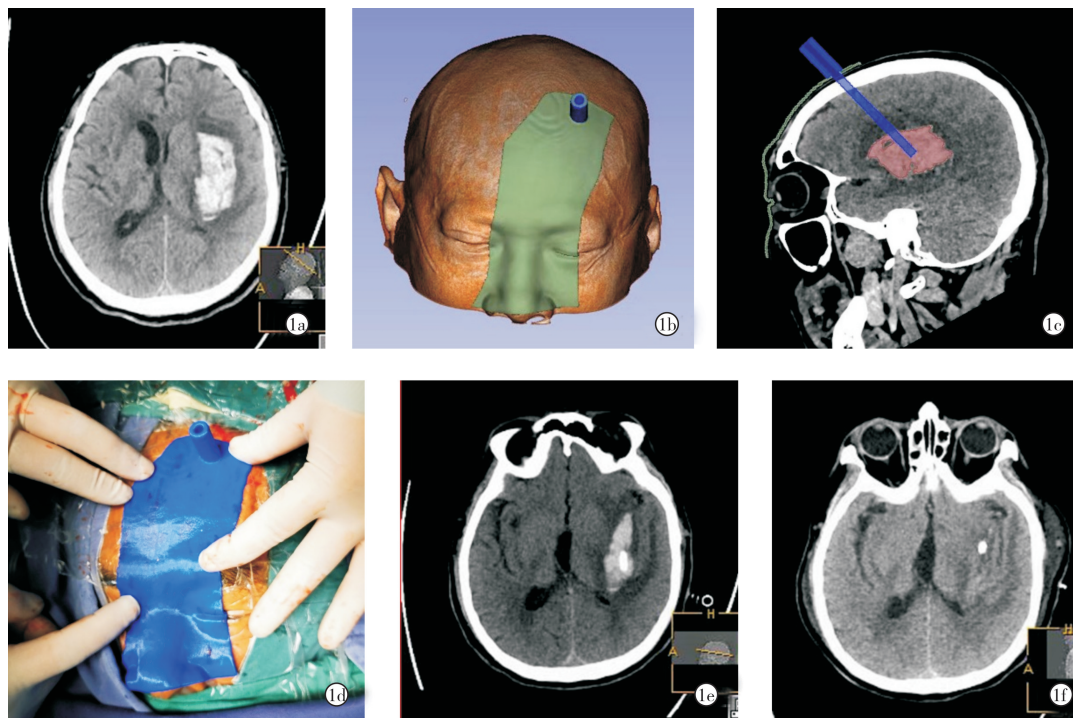


图 1 3D 打印导板辅助基底节区血肿穿刺 a:术前影像显示基底节区血肿;b:术前三维重建图像;c:模拟穿刺路径;d:术中紧扣导板,辅助定位穿刺;e:术后 6 小时复查 CT,显示穿刺满意,血肿减少;f:术后第三天 CT,显示血肿基本引流完全。

1.5 统计学方法 数据分析采用 SPSS 19.0 统计学软件。计量资料以均数 $\pm$ 标准差描述,两样本比较采用 t 检验。计数资料以例数(%)描述,比较采用 χ^2 检验。 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 血肿清除效率及住院时间比较 手术组所有病例均在发病后 6~72 小时接受手术,手术均一次置管成功,术中抽吸血肿 5~15 ml,平均 8.6 ml。术后复查 CT 显示引流管均位于血肿中心 2 cm 范围,

穿刺成功率 100%,无新发出血病例。术后注射尿激酶次数 1~5 次,平均 2.9 次。术后拔管时间 2~6 天,平均 3.4 天。对照组采用常规保守治疗,24 小时内复查 CT 显示 2 例出现血肿稍增多,综合评估及与家属沟通后仍未行手术。术后评估手术组血肿清除率优于对照组($P<0.001$),血肿清除时间、住院时间均短于对照组,差异有统计学意义($P<0.001$)。见表 2。

表 2 两组患者血肿清除情况及住院时间比较

组别	例数	住院时间(d)	血肿清除率(%)	血肿消除时间(d)
手术组	32	17.9 $\pm$ 1.6	96.50	5.4 $\pm$ 0.7
对照组	46	23.1 $\pm$ 2.4	78.60	19.9 $\pm$ 1.5
统计量		$t=-11.4$	$\chi^2=5.39$	$t=-56.9$
P		<0.001	<0.001	<0.001

2.2 两组并发症发生情况比较 手术治疗组患者发生并发症 7 例(21.88%),其中 2 例出现泌尿系统感染,4 例肺部感染,1 例消化道出血,无血肿部位术后再出血;对照组患者发生并发症 14 例(30.44%),其中 3 例泌尿系统感染,6 例肺部感染

和 3 例消化道出血,2 例患者观察到血肿部位再出血。两组并发症总发生率差异无统计学意义($P=0.402$)。见表 3。两组患者均未见颅内感染、癫痫、视觉功能障碍等其他不良反应。

表 3 两组患者术后并发症比较 [n(%)]

组别	例数	泌尿系感染	肺部感染	手术部位再出血	消化道出血	合计
治疗组	32	2(6.25)	4(12.50)	0	1(3.12)	7(21.88)
对照组	46	3(6.52)	6(13.04)	2(4.34)	3(6.52)	14(30.44)
χ^2		0.002	0.005	1.428	0.448	0.703
P		0.962	0.944	0.232	0.504	0.402

2.3 两组治疗前后 NIHSS 评分比较 治疗前两组 NIHSS 评分比较,差异无统计学意义($P>0.05$),治疗 7 天、3 月后手术组 NIHSS 评分均低于对照组,差异有统计学意义($P<0.001$)。见表 4。

表 4 两组患者治疗前后 NIHSS 评分比较 (分)

组别	例数	治疗前	治疗后 7 天	治疗后 3 月
手术组	32	13.6±2.5	10.1±1.8	5.2±1.9
对照组	46	12.9±3.2	12.0±2.5	9.3±3.1
t		1.0	-3.9	-7.2
P		0.306	<0.001	<0.001

2.4 两组预后情况比较 随访 3 个月, mRS 评分显示手术组的预后良好率 78.1% (25/32),对照组预后良好率 47.8% (22/46),手术组神经功能预后明显好于对照组($\chi^2=7.23, P<0.001$)。见表 5。进一步分析,78 例患者中出血部位累及内囊后肢 43 例,其中手术组 15 例,对照组 28 例,结果手术组 11 例(73.33%)预后良好,无明显神经功能障碍(mRS 评分≤2 分),对照组 10 例(35.71%)预后良好,手术组出血部位累及内囊后肢患者的预后显著优于对照组($\chi^2=5.532, P<0.05$)。见表 6。

表 5 两组患者预后情况比较 [n(%)]

组别	例数	mRS 评分					预后良好
		0 分	1 分	2 分	3 分	4 分	
手术组	32	1(3.12)	16(50.00)	8(25.00)	4(12.50)	3(9.37)	25(78.1)
对照组	46	0(0.00)	13(28.26)	9(19.56)	14(30.43)	10(21.74)	22(47.8)

表 6 两组出血部位累及内囊后肢患者的预后情况比较 [n(%)]

组别	例数	mRS 评分					预后良好
		0 分	1 分	2 分	3 分	4 分	
手术组	15	1(6.67)	4(26.67)	6(40.00)	3(20.00)	2(13.33)	11(73.33)
对照组	28	2(7.14)	3(10.71)	5(17.86)	10(35.71)	8(28.57)	10(35.71)

3 讨论

高血压脑出血对脑组织的损伤主要为早期的机械损伤以及后期血肿降解产物和炎症介质所导致的化学性损伤^[3,4]。早期清除血肿对于降低血肿周围水肿^[5],缓解脑组织受压程度,降低颅内压,减轻继发性损伤,挽救神经功能至关重要^[6]。对于中少量脑出血病例的治疗尚未形成广泛的共识,手术清除血肿的获益可能被手术本身的创伤或并发症所抵消,其治疗难点在于是否选择手术治疗以及选择何种手术方式,最终导向是病人能否获益。

神经内镜作为主要的微创手术方式能够改善患者脑循环状况及预后,提高患者的日常生活能力^[7]。但是内镜对手术医生技术要求高,在建立通道时也可能造成一定的脑损伤,脑内血肿微创穿刺

引流术创伤小,患者术后恢复快,临床治疗效果好,是治疗各类脑出血急危重症的有效手段之一^[8,9]。近年来,随着外科技术的发展与进步,立体定向辅助技术的出现减少了微创穿刺的定位误差,提高了穿刺成功率,支持了微创穿刺引流术在脑出血管理中的有效性。作为一种重要的立体定位辅助手段,近年的 3D 虚拟现实和增强现实技术以及衍生的 3D 打印技术已广泛应用于脑出血、颅内肿瘤、脑血管性疾病、脑功能性疾病等多项神经外科领域^[10]。现有的 3D 技术已经能在脑出血的虚拟现实于辅助定位穿刺,与简易定位相比,根据患者的 CT 及 MRI 影像学结果构建的三维头部模型能辅助外科医生精准定位患者血肿部位,了解颅内血管及神经分布情况,协助制定手术方案,提高穿刺准确性和

血肿清除率。而根据三维模型打印的 3D 打印导板辅助下的微创穿刺手术操作简单,手术时间缩短,成功率高,血管、神经损伤风险降低,能为患者的脑出血抢救治疗争取更多时间,创造更多条件^[11,12]。此外,3D 打印技术大大降低了立体定向的应用门槛,具有低成本、个体化、高准度的特点,使得徒手穿刺变为有轨道穿刺,增加了手术的可靠性,有利于减少相关手术并发症。

本研究采用 3D 打印技术辅助微创穿刺治疗中少量基底节区脑出血,术后联合应用尿激酶溶解血凝块加速引流,手术安全可靠,所有病例均一次穿刺成功,手术及术后治疗均无新发出血病例,治疗效果满意,入院 7 天以及入院 30 天的神经功能评分及预后评分明显好于保守治疗的对照组。但手术客观存在的感染风险仍不可忽视,此前研究表明^[13],颅内出血量、术前备皮距手术时间、手术持续时间、引流管留置时间是微创穿刺手术发生颅内感染的独立危险因素。在本研究中,虽然接受 3D 打印导板辅助微创穿刺引流手术治疗组患者与对照组比较的总并发症发生率差异未达到统计学显著性,但在消化道出血、血肿部位再出血及总并发症发生率上临床表现优于对照组,支持手术治疗组患者并发症发生率较低的趋势。同时,患者基底节区脑出血累计内囊后肢与皮质脊髓束损伤直接相关,导致更高的重度偏瘫、肌张力增高、精细运动功能永久性丧失等后遗症风险。本研究支持 3D 打印导板辅助的微创穿刺引流手术在累及内囊后肢的基底节区脑出血患者治疗后的神经功能恢复及长期治疗结局上存在显著优势。尽管如此,结合 3D 打印导板的辅助穿刺技术应加强围手术期管理,避免过长时间留置引流管,有效降低颅内感染的发生风险。

对于无脑疝风险的中少量基底节区脑出血,伴有较为严重的神经功能障碍病例,选择 3D 打印导板辅助微创穿刺同样是一种可行的治疗方式。对于该部分患者,应在术前行 CTA 检查排除血管性病变。同时,我们发现,在发际内、冠状缝前 2~3 cm、中线旁开 2~3 cm 的位置进行穿刺,可以最大限度减少对重要神经和血管的损伤,从而提高手术安全性。关于手术的最佳时机,目前尚存在争议。此前研究指出,脑出血血肿增大多发生在起病 6 小时内,6 小时后出血增大的概率显著降低^[14,15]。因此,本研究选择了发病 6 小时后行手术治疗,以减少再出血风险,手术治疗后没有患者发生血肿部位再出血事件。但也有研究认为发病 6 小时内行穿刺手术不增加再出血风险,且神经功能预后优于 6 小时后手

术的患者^[16]。因此,最佳手术时机还需进一步研究。

综上,3D 打印导板辅助微创穿刺引流手术治疗中少量高血压基底节区脑出血,初步结果显示,该手术方法在安全性和有效性方面表现良好,患者治疗结果满意。因此,我们认为 3D 打印导板辅助的微创穿刺引流手术对于部分患者是一种可行的治疗选择。此外,3D 打印技术在此类手术中的应用显示出潜力,值得进一步推广。然而本研究也存在的局限性,包括单中心的数据收集、样本量较小以及非随机对照试验设计。这些因素可能影响结果的普适性和外推性。因此,3D 打印导板辅助微创穿刺引流手术的确切效果和临床应用价值尚需多中心、大规模的严格随机对照试验进一步验证。

【参考文献】

- [1] Wu S, Wu B, Liu M, et al. Stroke in China: advances and challenges in epidemiology, prevention, and management [J]. *Lancet Neurol*, 2019, 18(4): 394-405.
- [2] 中华医学会神经外科学分会, 中国医师协会急诊医师分会, 中华医学会神经病学分会脑血管病学组, 等. 高血压性脑出血中国多学科诊治指南[J]. *中华神经外科杂志*, 2020, 36(8): 757-770.
- [3] Hawkes MA, Rabinstein AA. Acute Hypertensive Response in Patients With Acute Intracerebral Hemorrhage: A Narrative Review [J]. *Neurology*, 2021, 97(7): 316-329.
- [4] David JS, Simon FH, Yang D, et al. Intracerebral haemorrhage—mechanisms, diagnosis and prospects for treatment and prevention [J]. *Nat Rev Neurol*, 2024, 20(12): 708-723.
- [5] 周航, 李建萍, 唐斌. 高血压脑出血患者颅内血肿周围水肿体积扩大的相关影响因素分析 [J]. *保健医学研究与实践*. 2019, 16(1): 48-51.
- [6] Lotte S, Floris HB, Hieronymus DB, et al. Neurosurgical Intervention for Supratentorial Intracerebral Hemorrhage [J]. *Ann Neurol*, 2020, 88(2): 239-250.
- [7] 凌成明, 于泽奇, 阮涛, 等. 内镜下血肿清除联合置管引流术对脑出血破入脑室患者血肿清除率及血清 NSE、COR 水平的影响 [J]. *保健医学研究与实践*, 2024, 21(7): 63-68.
- [8] Hanley DF, Thompson RE, Rosenblum M, et al. Efficacy and safety of minimally invasive surgery with thrombolysis in intracerebral haemorrhage evacuation (MISTIE III): a randomised, controlled, open-label, blinded endpoint phase 3 trial [J]. *Lancet*, 2019, 393(10175): 1021-1032.
- [9] Chao D, Yuanling J, Wei S, et al. Clinical effect of minimally invasive aspiration and drainage of intracranial hematoma in the treatment of cerebral hemorrhage [J]. *Pak J Med Sci*, 2022, 38(1): 95-99.
- [10] 潘笛笛, 程哲, 王大巍, 等. 3D slicer 在神经外科手术中的应用研究进展 [J]. *中国实用神经疾病杂志*, 2020, 23(17): 1555-1560.
- [11] Heng-ZX, Jing G, Ce W, et al. A Novel Stereotactic Aspiration Technique for Intracerebral Hemorrhage [J]. *World Neurosurg*, 2023, 170: e28-e36.