

## 微创抽吸联合侧脑室引流治疗老年恶性大脑中动脉梗死患者的对照研究

徐杭 董成龙 骆锦标 王治瑜 孙树杰 陈茂刚

224000 盐城,徐州医科大学盐城临床学院(盐城市第一人民医院)神经内科(徐杭、董成龙、陈茂刚); 510180 广州市第一人民医院神经外科(骆锦标); 200031 上海市徐汇区中心医院神经外科(王治瑜、孙树杰)

通信作者: 陈茂刚, Email: jscmg@sina.com

DOI: 10.3969/j.issn.1009-6574.2021.11.007

**【摘要】** 目的 探讨微创抽吸坏死脑组织联合侧脑室引流治疗 60~80 岁恶性大脑中动脉梗死患者的效果和安全性。方法 收集 2018 年 1 月至 2019 年 12 月就诊于盐城市第一人民医院的 46 例年龄 60~80 岁恶性大脑中动脉梗死患者,将其中采用微创抽吸联合侧脑室引流治疗的 21 例设为抽吸组,将采用保守治疗的 25 例设为保守组。比较两组的近、远期疗效和并发症发生率。结果 保守组和抽吸组 1 个月的病死率分别为 68.0%(17/25)、9.5%(2/21),1 周内早期脑疝发生率分别为 68.0%(17/25)、14.3%(3/21),差异均有统计学意义( $P < 0.001$ ); 两组的颅内血肿和颅内感染发生率比较,差异均无统计学意义( $P > 0.05$ )。保守组和抽吸组 6 个月的死亡率分别为 76.0%(19/25)、14.3%(3/21),6 个月改良 Rankin 量表(mRS) 0~4 分的所占比例分别为 12.0%(3/25)、61.9%(13/21),差异均有统计学意义( $P < 0.001$ ); 保守组和抽吸组 6 个月的 mRS 0~3 分的比率分别为 4.0%(1/25)、23.8%(5/21),差异无统计学意义( $P > 0.05$ )。结论 微创抽吸坏死脑组织联合侧脑室引流可以降低老年恶性大脑中动脉梗死患者的死亡率,改善预后,且具有安全性。

**【关键词】** 大面积脑梗死; 恶性脑中动脉梗死; 微创; 立体定向; 老年

**基金项目:** 江苏省卫生健康委员会基金资助项目(LGY2019042)

**A controlled study of minimally invasive aspiration of necrotic brain tissue plus lateral ventricular catheter drainage in the treatment of elderly patients with malignant middle cerebral artery infarction** Xu Hang, Dong Chenglong, Luo Jinbiao, Wang Zhiyu, Sun Shujie, Chen Maogang

Department of Neurology, Yancheng Clinical College of Xuzhou Medical University (Yancheng No. 1 People's Hospital), Yancheng 224000, China (Xu H, Dong CL, Chen MG); Department of Neurosurgery, Guangzhou First People's Hospital, Guangzhou 510180, China (Luo JB); Department of Neurosurgery, Shanghai Xuhui Central Hospital, Shanghai 200031, China (Wang ZY, Sun SJ)

Corresponding author: Chen Maogang, Email: jscmg@sina.com

**【Abstract】 Objective** To explore the efficacy and safety of minimally invasive aspiration of necrotic brain tissue combined with lateral ventricular catheter drainage for patients with malignant middle cerebral artery infarction aged between 60 and 80. **Methods** We collected 46 patients (60–80 years old) with malignant middle cerebral artery infarction, who were treated in Yancheng No. 1 People's Hospital from January 2018 to December 2019. Among them, 21 patients who were treated with invasive aspiration of necrotic brain tissue plus lateral ventricular catheter drainage were assigned as the aspiration group, and 25 patients who were treated conservatively were assigned as the conservative group. The short-term and long-term efficacy and incidence of complications were compared between the two groups. **Results** The 1-month mortality rates of the conservative group and the aspiration group were 68.0%(17/25) and 9.5%(2/21), respectively. The incidence of early cerebral hernia within 1 week was 68.0%(17/25) and 14.3%(3/21), respectively. The differences were statistically significant ( $P < 0.001$ ). There was no statistical difference in the incidence of intracranial hematoma and intracranial infection between the two groups ( $P > 0.05$ ). The 6-month mortality rate of the conservative group and the aspiration group were 76.0% and 14.3%, respectively. The rates of the conservative group and the

aspiration group for a score of 0 to 4 on the modified Rankin Scale (mRS) were 12.0%(3/25) and 61.9%(13/21), respectively. The differences were statistically significant ( $P < 0.001$ ). The rates of the conservative group and the aspiration group for a score of 0 to 3 on the mRS were 4.0%(1/25) and 23.8%(5/21), respectively, with no statistically significant difference ( $P > 0.05$ ). **Conclusions** The study initially showed that minimally invasive aspiration of necrotic brain tissue plus lateral ventricular catheter drainage can reduce the mortality and improve the prognosis of elderly patients with malignant middle cerebral artery infarction, and it is safe.

**【 Key words 】** Large hemispheric infarction; Malignant middle cerebral artery infarction; Minimal invasive; Stereotactic orientation; Elderly

**Fund program:** Project of Jiangsu Commission of Health (LGY2019042)

恶性大脑中动脉梗死(malignant middle cerebral artery infarction, MMI)是因梗死后脑水肿导致的难治性颅内高压,如果不经过外科干预常可引起早期(通常发病后24~72 h)脑疝的一种大脑半球大面积脑梗死(large hemispheric infarction, LHI),即使经过最佳的保守治疗,其死亡率可高达80%<sup>[1-4]</sup>。针对MMI的难治性颅内高压,去骨瓣减压(decompressive hemicraniectomy, DHC)是一种标准的治疗方法<sup>[5-6]</sup>。但是由于DHC创伤大,对>60岁的患者仍存在争议。在《2019美国卒中协会/美国心脏协会急性缺血性卒中患者早期管理指南》<sup>[7]</sup>中,对于>60岁的MMI患者,DHC的推荐等级为最低级别的正向推荐,即II B级推荐。因此,迫切需要探索更加微创、有效的方法治疗老年MMI患者。微创抽吸技术已被证明是治疗脑出血的一种有效方法<sup>[8-11]</sup>。目前,国内已有应用YL-1型颅内血肿粉碎穿刺针抽吸坏死脑组织治疗MMI的研究<sup>[12-14]</sup>,但是相关报道的抽吸量小,可能难以达到充分减压的目的。本课题组前期采用的立体定向多根导管抽吸治疗MMI取得一定效果<sup>[15-16]</sup>。但是总体上通过抽吸治疗老年MMI的研究仍然较少,且多为病例报道,样本量小,常缺乏对照<sup>[13, 16]</sup>。因此,本研究进一步通过与最佳内科保守治疗比较,探讨微创抽吸坏死脑组织联合侧脑室引流对60~80岁老年MMI患者的疗效和安全性。

### 一、对象与方法

1. 研究对象:收集2018年1月至2019年12月就诊于盐城市第一人民医院的老年MMI患者,纳入标准及排除标准参照国际去骨瓣减压相关研究制订<sup>[2-4, 6, 17-20]</sup>。纳入标准:(1)年龄60~80岁;(2)临床表现为完全性偏瘫、偏身感觉障碍、偏盲、凝视障碍,并伴有失语、意识障碍等高级脑功能障碍,非优势半球梗死美国国立卫生研究院卒中量表(NIHSS)评分>14分,优势半球NIHSS评分>19分,并均经磁共振扩散加权成像(diffusion weighted imaging, DWI)或CT证实梗死体积大于大脑中动脉供血区域

2/3,伴或不伴有同侧大脑前动脉和(或)大脑后动脉供血区域受累;(3)入院后NIHSS在反映意识水平的1a下降 $\geq 1$ 分;(4)手术病例均在发病后24~48 h内完成;(5)手术病例为了控制血管再通导致术中出血风险,抽吸术前均经头颅CT血管造影(computed tomography angiography, CTA)证实供血动脉处于闭塞状态;(6)患者或家属选择保守或微创抽吸治疗。排除标准:(1)既往有卒中病史,并遗留后遗症[改良Rankin量表(modified Rankin Scale, mRS) $\geq 2$ 分];(2)双侧大脑半球急性梗死;(3)已经接受静脉溶栓或机械取栓;(4)出血转化并导致严重的占位效应;(5)双侧瞳孔散大,脑干功能衰竭[格拉斯哥昏迷评分(GCS) $\leq 4$ 分];(6)凝血功能异常或患有凝血疾病;(7)有严重心脏衰竭、呼吸衰竭、肾脏衰竭、恶性肿瘤等影响预后和预期生存的基础疾病。本研究经我院伦理委员会审核通过,且患者或家属签署书面知情同意书。经筛选共获得老年MMI病例46例,根据治疗方式的不同分为定向置管抽吸组(抽吸组)21例与保守治疗组(保守组)25例。两组患者的年龄、性别、吸烟史、饮酒史、高血压、糖尿病、心房颤动、发病24 h的GCS、发病24 h的NIHSS、梗死部位、发病24 h的梗死体积、发病24 h脑疝和发病24 h梗死后出血比较,差异均无统计学意义( $P > 0.05$ ),具有可比性。见表1。

2. 治疗方法:保守组给予心电监护、管理气道、脱水降低颅内压、控制血压、营养支持、维持水电解质平衡、预防感染和应激性溃疡等并发症等的内科保守治疗。抽吸组在内科保守治疗的基础上先采用改良侧脑室穿刺法<sup>[15-16]</sup>给予梗死对侧的侧脑室置管,释放脑脊液5~10 ml,颅内压降至15 mmHg(1 mmHg=0.133 kPa)以防止脑疝,术后侧脑室引流管连接医用三通接压力传感器(深圳安特医疗股份有限公司的一次性有创压力传感器,型号:PT-01),接心电监护仪(PHILIPS IntelliVue患者监护仪),进行颅内压监测,必要时进行间歇性脑室外引流;然

表1 两组恶性大脑中动脉梗死患者一般临床资料比较

项目	保守组(n=25)	抽吸组(n=21)	t/χ <sup>2</sup> 值	P值
年龄(岁, $\bar{x} \pm s$ )	66.84 ± 5.31	69.14 ± 5.53	-1.436	0.158
男性[例(%)]	17(68.0)	13(61.9)	0.187	0.665
吸烟史[例(%)]	17(68.0)	12(57.1)	0.577	0.447
饮酒史[例(%)]	4(16.0)	6(28.6)	0.450	0.502
高血压[例(%)]	20(80.0)	14(66.7)	1.052	0.305
糖尿病[例(%)]	6(24.0)	7(33.3)	0.490	0.484
心房颤动[例(%)]	6(24.0)	7(33.3)	0.490	0.484
发病24h的GCS(分, $\bar{x} \pm s$ )	10.68 ± 2.95	9.76 ± 2.55	1.117	0.270
发病24h的NIHSS(分, $\bar{x} \pm s$ )	26.14 ± 6.67	27.52 ± 5.79	-0.742	0.462
梗死部位(左侧)[例(%)]	8(32.0)	6(28.6)	0.063	0.801
发病24~30h梗死体积(ml, $\bar{x} \pm s$ )	222.52 ± 54.40	240.57 ± 64.01	-1.034	0.307
发病24h脑疝[例(%)]	0(0)	1(4.8)	-	0.457
发病24h梗死后出血[例(%)]	0(0)	0(0)	-	-
发病到抽吸时间(h, $\bar{x} \pm s$ )	-	32.00 ± 7.27	-	-

注: GCS 格拉斯哥昏迷评分; NIHSS 美国国立卫生研究院卒中量表; - 无数据

后行定向置管抽吸坏死脑组织减压减压术。手术方法: 根据立体定向原理<sup>[15, 21]</sup>, 参考头部CT, 测量梗死灶三维数据, 确定1~3个穿刺靶点及其入颅路径, 画出颅表穿刺点、穿刺方向所在的水平面线、冠状面线、矢状面线。在局部麻醉或静脉辅助麻醉下颅骨钻孔, 选用中国大连七颗星医疗器械有限公司生产的直径为5 mm的14-F硅胶引流管, 沿着穿刺方向所在的两个相互垂直的面进行穿刺, 直到将引流管置入梗死组织中心坏死区域中, 以20 ml注射器的5 ml抽吸负压, 由深至浅逐层抽吸坏死脑组织, 同时边抽吸边旋转以提高抽吸量, 抽吸结束后给予生理盐水500 ml混合2 mg肾上腺素冲洗, 确认无新鲜活动性出血后接引流袋, 持续开放低位引流。一般引流管保留5~7 d, 复查头颅CT显示占位效应及中线结构移位缓解, 颅内压监测显示20 mmHg以下, 可考虑拔除引流管。

3. 结局指标: 两组发病后6个月mRS评分0~4分及0~3分的病例数、死亡率以及发病后1个月内的死亡率、早期脑疝发生率、早期颅内血肿、颅内感染的发生率。

4. 统计学方法: 应用SPSS 25.0统计学软件对数据进行分析, 计量资料采用Shapiro-Wilk检验确定数据分布的正态性, 采用Levene检验进行方差齐性检验, 满足正态分布的计量资料以均数 ± 标准差( $\bar{x} \pm s$ )表示。正态分布资料且方差齐时, 组间比较采用两独立样本t检验; 计数资料使用χ<sup>2</sup>检验或Fisher确切概率法; 等级资料采用秩和检验。P<0.05为差异有统计学意义。

## 二、结果

1. 两组发病后1个月内脑疝发生率、死亡率及手术并发症比较: 抽吸组的死亡率显著低于保守组(P<0.001), 其中抽吸组死亡2例, 1例死于脑疝, 1例死于肺部感染; 保守组死亡17例, 死亡均与脑疝相关。本研究颅内血肿形成参照ECASS II研究<sup>[22]</sup>关于出血转化的PH-2型标准, 定义为梗死后或手术后经CT证实为脑实质内出血并伴有占位效应形成。其中抽吸组颅内血肿3例均为术中出血, 术后CT证实出血量均<15 ml且小于坏死脑组织抽吸量的15%。见表2。

表2 保守组和抽吸组发病后1个月内的主要并发症及死亡率比较[例(%)]

组别	例数	死亡	早期脑疝	早期颅内血肿	颅内感染
保守组	25	17(68.0)	17(68.0)	1(4.0)	0(0)
抽吸组	21	2(9.5)	3(14.3)	3(14.3)	1(4.8)
χ <sup>2</sup> 值		16.097	13.400	0.501	-
P值		<0.001	<0.001	0.479	0.457

注: - 采用Fisher确切概率法

2. 两组随访6个月的mRS和死亡率比较: 抽吸组6个月的死亡率显著低于保守组(P<0.001), 且6个月的mRS 0~4分所占比例显著高于保守组(P<0.001)。两组6个月的mRS 0~3分所占比例比较, 差异无统计学意义(P=0.122)。见表3。

3. 案例分析: 患者女, 63岁, 因“意识障碍16 h”入院。入院时头颈部CTA示右侧大脑中动脉及右

表3 两组随访6个月的mRS评分和死亡率比较[例(%)]

组别	例数	mRS评分					死亡
		0~2分	3分	4分	5分	6分	
保守组	25	0(0)	1(4.0)	2(8.0)	3(12.0)	19(76.0)	19(76.0)
抽吸组	21	0(0)	5(23.8)	8(38.1)	5(23.8)	3(14.3)	3(14.3)
Z/ $\chi^2$ 值				-4.130			17.420
P值				<0.001			<0.001

注:mRS改良Rankin量表;mRS评分0~4分所占的比例抽吸组显著高于保守组[3(12.0%)比13(61.9%), $P < 0.001$ ];mRS 0~3分所占比例,两组差异无统计学意义[1(4.0%)比5(23.8%), $P > 0.05$ ]

侧大脑前动脉闭塞(图1A, 1B, 1C, 见本期封三);术前(发病后28 h)头颅CT示右侧大脑中动脉供血区大面积低密度灶,中线结构移位7.9 mm(图1D, 见本期封三);术后1 d复查头颅CT,示梗死灶内抽吸导管在位(红色箭头),对侧侧脑室内直入颅内压检测管(白色箭头),术后有少量出血,出血量少于抽吸量的15%(图1E, 见本期封三);术后6 d复查头颅CT,占位效应未加重,左侧侧脑室脑脊液颅内压代偿储备充足(图1F, 见本期封三);术后14 d复查CT示引流管已全部拔出,中线无偏移,梗死侧脑室复张(图1G, 见本期封三)。

**讨论** 本研究显示,微创抽吸联合侧脑室引流与保守治疗相比,早期脑疝发生率及近、远期死亡率明显降低,远期mRS 0~4分生存显著提高,远期mRS 0~3分生存尽管差异无统计学意义,但有提高趋势,可能与样本量小有关。60岁及以上的MMI约占大面积脑梗死的50%。目前,DHC仍是MMI的标准治疗方式。以>60岁以上患者为研究对象的DESTINY II研究显示,DHC组与保守组6个月的病死率(33%比70%)和mRS 0~4分(39%比18%)比较,差异均有统计学意义,但良好预后指标mRS 0~3分的比率(7%比3%)差异无统计学意义<sup>[18]</sup>。本研究结果与DESTINY II比较,抽吸组6个月的病死率低于DHC组,mRS 0~3分和mRS 0~4分的比率高于DHC组。本研究初步显示微创抽吸联合侧脑室引流对于60~80岁的老年MMI患者具有良好的疗效和安全性。

微创抽吸联合侧脑室引流能够有效降低颅内压,防止脑疝形成。相关报道显示,标准DHC可以增加80~90 ml代偿容积<sup>[23-24]</sup>。本研究抽吸组参照DHC的手术代偿容积,手术中首次抽吸量平均为70~100 ml,约占总梗死量的1/3,明显大于其他报道的10~30 ml<sup>[12, 14]</sup>。本研究发现,足够的抽吸量才能有效控制MMI患者的颅内压,其他研究的抽吸量偏小,仍然有一定的疗效,可能是因为入组病例

梗死体积偏小或纳入非MMI型患者。本研究还发现,早期坏死脑组织仍较坚韧,一次定点抽吸较大量的坏死脑组织较为困难。通过在坏死组织中由深至浅逐层抽吸,同时通过边抽吸边旋转导管发挥管头侧孔的旋切作用可增加抽吸量,如一根导管抽吸不到70 ml,需实施多管多路径抽吸策略。即使首次抽吸量达到70~100 ml,仍需辅以侧脑室置管、颅内压监测,间断释放脑脊液,指导脱水剂的使用,以进一步降低颅内压,帮助患者顺利度过水肿高峰期。

抽吸梗死坏死脑组织是否增加出血风险是该手术争议的焦点,但本研究未发现有意义的出血风险增加。本研究中,抽吸相关颅内血肿共3例,高于出血自然转化趋势,但保守组与抽吸组颅内出血发生率比较差异无统计学意义。抽吸过程中未发现不可控制的出血,通过肾上腺素生理盐水冲洗均能有效止血,推测出血为毛细血管渗血或静脉淤滞出血。抽吸组3例患者出血经术后CT证实均在梗死区域内,出血量均<15 ml且小于坏死脑组织总抽吸量的15%,因此该出血对该手术控制颅内压的净效应及对正常脑组织的影响意义较小,通过5万单位尿激酶和5 ml生理盐水的液化引流可以在24~48 h内很快清除,因此从这个意义上讲抽吸未增加有意义出血的风险。其机制可能为MMI患者主干血管的急性闭塞和侧支循环的严重缺乏,导致大脑中动脉供血区处于严重缺血甚至无血流状态,这是MMI不同于非MMI型LHI可能的独特的病理生理机制,也正是抽吸不增加出血风险的主要原理。其次,早期抽吸坏死脑组织的另一个意义在于避开了LHI的出血转化期(多集中在4~7 d<sup>[25-26]</sup>)和MMI患者血管自然再通时间(通常在3 d以后<sup>[27]</sup>),这可能是手术不增加出血风险的另一个重要原因。另外,在实际操作过程中,所有患者均在术前经CTA证实供血动脉的确处于闭塞状态,这是控制出血风险的现实措施。最后,手术技巧对于防范术中出血非常重要,如避开外侧裂大血管,穿刺点通常选择在眼眶线以

上 5~9 cm 的水平;避免抽吸到正常脑组织;一旦在抽吸期间发现新鲜出血,及时终止抽吸,用肾上腺素生理盐水连续冲洗,直到冲洗液变得澄清,引流管保持开放以持续引流等。如果术后 CT 证实有少量血肿形成,给予尿激酶液化引流及时排除。

虽然有关微创抽吸治疗 MMI 患者有数篇报道<sup>[12-14, 28-29]</sup>,但均与本文的干预方式及研究人群等有较大差异。(1)本文是首次针对 60 岁及以上的 MMI 患者进行微创抽吸与保守治疗的对照研究。(2)本研究抽吸组参照 DHC 的手术代偿容积,手术中首次抽吸量平均为 70~100 ml,约占总梗死量的 1/3,明显大于其他报道<sup>[12-14, 28-29]</sup>。(3)本研究采用立体定向多根导管抽吸,与既往研究报道的单通道抽吸<sup>[12-14, 28-29]</sup>相比,立体定向多根导管抽吸更容易抽吸到足够的坏死脑组织。(4)本研究采用孙树杰立体定向穿刺技术进行梗死灶穿刺抽吸,精度更高<sup>[21, 30]</sup>。

DHC 是目前 MMI 患者的标准治疗方式,但对于 60 岁及以上行 DHC 治疗的 MMI 患者,随访发病后 6 个月患者的死亡和重残率(mRS  $\geq$  4 分)达到 93%<sup>[18]</sup>。此外,由于 DHC 治疗费用较高的问题,大多数患者及家属拒绝行 DHC 治疗,且有部分 60 岁及以上 MMI 患者身体基础情况差,不能耐受 DHC。在此情况下,部分拒绝 DHC 或者不能耐受 DHC 的 MMI 患者愿意尝试这种简单低廉的微创技术。微创抽吸治疗老年 MMI 患者在没有给患者带来较保守治疗更大危害的情况下是符合伦理的。

本研究采用的微创抽吸联合侧脑室引流能有效控制 MMI 患者的颅内压,同时不增加出血风险,较 DHC 创伤更小、费用少、并发症少,且可以避免颅骨二次成形术带来的风险,这可以成为部分拒绝 DHC 或者不能耐受 DHC 的 MMI 老年患者治疗方案的第二选择,但仍待将来与 DHC 进行对比研究。另外,本研究是一个非随机对照研究,研究样本量偏小,不排除选择偏移。同时,对 MMI 严重的乏血流和乏血管状态的理解仍然处于理论假设阶段。本研究尽管应用 CTA 对前向血流进行了评估,但是对侧支循环的评估资料有限,这有可能增加术中出血风险。抽吸到可存活脑组织也是最大的担忧,但本研究发现 MMI 患者较非 MMI 型大面积脑梗死的早期梗死量大而集中,借助于现代定位技术<sup>[31-32]</sup>可以完成对坏死组织的精准抽吸,避免损伤可存活脑组织是完全可行的。

综上所述,本研究初步显示微创抽吸联合侧脑室引流可以降低老年 MMI 患者的死亡率和改善预

后,并具有较好的安全性,但需要进一步进行大样本随机对照研究和抽吸原理的基础研究证实。

**利益冲突** 文章所有作者共同认可文章无相关利益冲突

**作者贡献声明** 统计分析、论文撰写为徐杭,研究设计为陈茂刚,研究实施、资料收集为徐杭、董成龙、陈茂刚,论文修订为徐杭、陈茂刚,论文审校为骆锦标、王治瑜、孙树杰

## 参 考 文 献

- [1] Hacke W, Schwab S, Horn M, et al. 'Malignant' middle cerebral artery territory infarction: clinical course and prognostic signs[J]. Arch Neurol, 1996, 53(4): 309-315. DOI: 10.1001/archneur.1996.00550040037012.
  - [2] Jüttler E, Schwab S, Schmiedek P, et al. Decompressive Surgery for the Treatment of Malignant Infarction of the Middle Cerebral Artery (DESTINY): a randomized, controlled trial[J]. Stroke, 2007, 38(9): 2518-2525. DOI: 10.1161/STROKEAHA.107.485649.
  - [3] Vahedi K, Vicaut E, Mateo J, et al. Sequential-design, multicenter, randomized, controlled trial of early decompressive craniectomy in malignant middle cerebral artery infarction (DECIMAL Trial) [J]. Stroke, 2007, 38(9): 2506-2517. DOI: 10.1161/STROKEAHA.107.485235.
  - [4] Hofmeijer J, Kappelle LJ, Algra A, et al. Surgical decompression for space-occupying cerebral infarction (the Hemicraniectomy After Middle Cerebral Artery infarction with Life-threatening Edema Trial [HAMLET]): a multicentre, open, randomised trial[J]. Lancet Neurol, 2009, 8(4): 326-333. DOI: 10.1016/S1474-4422(09)70047-X.
  - [5] Vahedi K, Hofmeijer J, Juettler E, et al. Early decompressive surgery in malignant infarction of the middle cerebral artery: a pooled analysis of three randomised controlled trials[J]. Lancet Neurol, 2007, 6(3): 215-222. DOI: 10.1016/S1474-4422(07)70036-4.
  - [6] 宿英英,潘速跃,江文,等.大脑半球大面积梗死监护与治疗中国专家共识[J].中华医学杂志, 2017, 97(9): 645-652. DOI: 10.3760/ema.j.issn.0376-2491.2017.09.003.
  - [7] Powers WJ, Rabinstein AA, Ackerson T, et al. Guidelines for the early management of patients with acute ischemic stroke: 2019 update to the 2018 guidelines for the early management of acute ischemic stroke: a Guideline for Healthcare Professionals From the American Heart Association/American Stroke Association[J]. Stroke, 2019, 50(12): e344-e418. DOI: 10.1161/STR.0000000000000211.
  - [8] Wang W, Zhou N, Wang C. Minimally invasive surgery for patients with hypertensive intracerebral hemorrhage with large hematoma volume: a retrospective study[J]. World Neurosurg, 2017, 105: 348-358. DOI: 10.1016/j.wneu.2017.05.158.
  - [9] 张和.微创清除脑血肿的得与失[J].中国卒中杂志, 2019, 14(8): 832-841. DOI: 10.3969/j.issn.1673-5765.2019.08.018.
  - [10] 向本友,杨期明,苏化庆,等.微创血肿碎吸术治疗高血压脑出血的临床研究[J].神经疾病与精神卫生, 2006, 6(1): 31-34. DOI: 10.3969/j.issn.1009-6574.2006.01.012.
- Xiang BY, Yang QM, Su QH, et al. The clinical study about minimally invasive surgery crush and aspirating hematoma of hypertensive inter-cerebral hemorrhage[J]. Journal of Neuroscience and Mental Health, 2006, 6(1): 31-34.

- [ 11 ] 方力. 颅内血肿微创术治疗高血压脑出血 31 例临床体会[ J ]. 神经疾病与精神卫生, 2005, 5(2): 144-145. DOI: 10.3969/j.issn.1009-6574.2005.02.030.
- [ 12 ] 侯焕峰, 李如娟, 马晓辉, 等. 微创减压治疗恶性大脑中动脉脑梗死的临床回顾研究[ J ]. 首都医科大学学报, 2018, 39(4): 546-551. DOI: 10.3969/j.issn.1006-7795.2018.04.013. Hou HF, Li RJ, Ma XH, et al. Clinical study of minimally invasive decompression in the treatment of malignant middle cerebral artery infarction[ J ]. Journal of Capital Medical University, 2018, 39(4): 546-551.
- [ 13 ] 王春雷. 微创坏死脑组织抽吸治疗大面积脑梗死伴脑疝 23 例分析[ J ]. 中国实用神经疾病杂志, 2013, 16(18): 79-80. DOI: 10.3969/j.issn.1673-5110.2013.18.057.
- [ 14 ] 杨金波, 侯焕峰, 马晓辉, 等. 微创减压治疗恶性大脑中动脉脑梗死[ J ]. 中华神经科杂志, 2013, 46(11): 779-781. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1006-7876.2013.11.014.
- [ 15 ] Chen M, Yu W, Sun S, et al. Stereotactic aspiration of necrotic brain tissue for treating malignant middle cerebral artery infarction: a report of 13 consecutive cases[ J ]. World Neurosurg, 2019, 124: 435-444. DOI: 10.1016/j.wneu.2018.10.190.
- [ 16 ] 陈茂刚, 于文素, 董成龙, 等. 早期定向置管治疗老年恶性大脑中动脉脑梗死[ J ]. 中华急诊医学杂志, 2019, 28(10): 1282-1286. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1671-0282.2019.10.020. Chen MG, Yu WS, Dong CL, et al. Therapeutic effect of early directional catheterization on malignant middle cerebral artery infarction[ J ]. Chin J Emerg Med, 2019, 28(10): 1282-1286.
- [ 17 ] Rahmig J, Wöpking S, Jüttler E, et al. Decompressive hemicraniectomy in elderly patients with space-occupying infarction (DECAP): a prospective observational study[ J ]. Neurocrit Care, 2019, 31(1): 97-106. DOI: 10.1007/s12028-018-0660-3.
- [ 18 ] Jüttler E, Unterberg A, Woitzik J, et al. Hemicraniectomy in older patients with extensive middle-cerebral-artery stroke[ J ]. N Engl J Med, 2014, 370(12): 1091-1100. DOI: 10.1056/NEJMoa1311367.
- [ 19 ] Zhao J, Su YY, Zhang Y, et al. Decompressive hemicraniectomy in malignant middle cerebral artery infarct: a randomized controlled trial enrolling patients up to 80 years old[ J ]. Neurocrit Care, 2012, 17(2): 161-171. DOI: 10.1007/s12028-012-9703-3.
- [ 20 ] Frank JI, Schumm LP, Wroblewski K, et al. Hemicraniectomy and durotomy upon deterioration from infarction-related swelling trial: randomized pilot clinical trial[ J ]. Stroke, 2014, 45(3): 781-787. DOI: 10.1161/STROKEAHA.113.003200.
- [ 21 ] 孙树杰, 崔明, 隋韶光, 等. 方体定向血肿吸引术治疗高血压患者壳核出血[ J ]. 中华老年心脑血管病杂志, 2012, 14(1): 5-7. DOI: 10.3969/j.issn.1009-0126.2012.01.002. Sun SJ, Cui M, Sui SG, et al. Treatment of hypertensive putamen hemorrhage in gerontal patient by cuboid stereotactic catheter indwelt hematoma aspiration[ J ]. Chin J Geriatr Heart Brain Dis Vessel Dis, 2012, 14(1): 5-7.
- [ 22 ] Larrue V, von Kummer RR, Müller A, et al. Risk factors for severe hemorrhagic transformation in ischemic stroke patients treated with recombinant tissue plasminogen activator: a secondary analysis of the European-Australasian Acute Stroke Study (ECASS II) [ J ]. Stroke, 2001, 32(2): 438-441. DOI: 10.1161/01.str.32.2.438.
- [ 23 ] 张建永, 刘保华, 陆海, 等. 标准大骨瓣减压术后颅腔容积代偿能力的探讨[ J ]. 中华神经外科杂志, 2008, 24(1): 78. DOI: 10.3321/j.issn: 1001-2346.2008.01.025
- [ 24 ] Neugebauer H, Fiss I, Pinczolits A, et al. Large size hemicraniectomy reduces early herniation in malignant middle cerebral artery infarction[ J ]. Cerebrovasc Dis, 2016, 41(5-6): 283-290. DOI: 10.1159/000443935.
- [ 25 ] Tan S, Wang D, Liu M, et al. Frequency and predictors of spontaneous hemorrhagic transformation in ischemic stroke and its association with prognosis[ J ]. J Neurol, 2014, 261(5): 905-912. DOI: 10.1007/s00415-014-7297-8.
- [ 26 ] Chen G, Wang A, Zhao X, et al. Frequency and risk factors of spontaneous hemorrhagic transformation following ischemic stroke on the initial brain CT or MRI: data from the China National Stroke Registry (CNSR) [ J ]. Neurol Res, 2016, 38(6): 538-544. DOI: 10.1080/01616412.2016.1187864.
- [ 27 ] Zhang JH, Obenaus A, Liebeskind DS, et al. Recanalization, reperfusion, and recirculation in stroke[ J ]. J Cereb Blood Flow Metab, 2017, 37(12): 3818-3823. DOI: 10.1177/0271678X17732695.
- [ 28 ] 邵汝升, 董治领, 李猛, 等. 坏死脑组织微创清除术治疗重症大面积脑梗死 13 例疗效观察[ J ]. 河北医药, 2006, 28(8): 715. DOI: 10.3969/j.issn.1002-7386.2006.08.030.
- [ 29 ] 董志领, 李花莲, 邵汝升, 等. 微创碎吸术治疗大面积脑梗死疗效观察[ J ]. 脑与神经疾病杂志, 2006, 14(3): 202. DOI: 10.3969/j.issn.1006-351X.2006.03.032.
- [ 30 ] Chi FL, Lang TC, Sun SJ, et al. Relationship between different surgical methods, hemorrhage position, hemorrhage volume, surgical timing, and treatment outcome of hypertensive intracerebral hemorrhage[ J ]. World J Emerg Med, 2014, 5(3): 203-208. DOI: 10.5847/wjem.j.issn.1920-8642.2014.03.008.
- [ 31 ] Raabe A, Beck J, Gerlach R, et al. Near-infrared indocyanine green video angiography: a new method for intraoperative assessment of vascular flow[ J ]. Neurosurgery, 2003, 52(1): 132-139; discussion 139. DOI: 10.1097/00006123-200301000-00017.
- [ 32 ] Tomasello F, Conti A, La Torre D. 3D printing in neurosurgery[ J ]. World Neurosurg, 2016, 91: 633-634. DOI: 10.1016/j.wneu.2016.04.034.

(收稿日期: 2021-03-05)

(本文编辑: 赵金鑫)