

- [8] Choi JW, Jae HJ, Kim HC, et al. Long-term outcome of endovascular intervention in hepatic venous outflow obstruction following pediatric liver transplantation[J]. Liver Transpl, 2015, 21: 1219-1226.
- [9] Nishimura M, Fujii K, Fukunaga M, et al. Chronic vascular response after self-expanding nitinol stent implantation in superficial femoral arteries: a serial intravascular ultrasound analysis[J]. Cardiovasc Interv Ther, 2016, 31: 255-262.
- [10] Ko GY, Sung KB, Yoon HK, et al. Early posttransplant hepatic venous outflow obstruction: long-term efficacy of primary stent placement[J]. Liver Transpl, 2008, 14: 1505-1511.
- [11] Stevens JP, Xiang Y, Leong T, et al. Portal vein complications and outcomes following pediatric liver transplantation: data from the society of pediatric liver transplantation[J]. Liver Transpl, 2022, 28: 1196-1206.
- [12] Anand K, Garza L, Halff G, et al. Direct transmesenteric venous interventions in the acute post liver transplant setting[J]. J Interv Med, 2021, 4: 46-48.
- (收稿日期:2023-04-06)
(本文编辑:茹 实)

·临床研究 Clinical research·

复发性慢性硬膜下血肿脑膜中动脉影像学特征及介入栓塞治疗

刘振生, 魏庭丰, 孙 勇, 匡雄伟, 王友伟, 吴臣义, 段晓春,
齐文涛, 彭爱军, 张 文

【摘要】 目的 初步评估复发性慢性硬膜下血肿(chronic subdural hematoma, CSDH)脑膜中动脉形态学和血流动力学特征,及脑膜中动脉栓塞(middle meningeal artery embolization, MMAE)治疗疗效。**方法** 回顾性分析我院 2019 年 5 月至 2022 年 12 月期间 31 例(15.2%)外科钻孔引流术后复发并接受 MMAE 治疗的 20 例单侧 CSDH 患者的临床及影像资料。于 3D-TOF MRA 测量患侧 MMA 直径、相对血流速度,并与随机抽取同期外科钻孔引流术后未复发的 20 例 CSDH 患者作为对照。随访观察 MMAE 术后影像学结果、临床症状改善及并发症等。**结果** 复发组患侧 MMA 平均直径(1.55 ± 0.45) mm 明显大于对照组(1.32 ± 0.36) mm,两组差异有统计学意义($t=2.118, P=0.028$)。复发组相对血流速度(SI 比值均数, 1.45 ± 0.23)明显大于对照组(SI 比值均数, 1.23 ± 0.26),两组差异有统计学意义($t=3.493, P=0.001$)。复发组血肿外膜强化分级评分(2.25 ± 0.55)分,对照组(1.60 ± 0.68)分,两组差异有统计学意义($t=3.322, P=0.002$)。MMAE 术后影像学随访血肿完全吸收 19 例(95%),其中 3 个月完全吸收 8 例(40%),6 个月完全吸收 16 例(95%),中位吸收时间 16 周(IQR: 7~22)。除 1 例复发症状反复外,余患者临床症状均不同程度改善,所有患者均未见手术相关并发症。**结论** 与非复发者相比,外科术后复发侧血肿外膜血供更丰富、MMA 管径更粗、血流速度更快,MMAE 是治疗此类 CSDH 安全有效的方法。

【关键词】 慢性硬膜下血肿;复发;脑膜中动脉;血管造影;栓塞

中图分类号:R743.3 文献标志码:B 文章编号:1008-794X(2024)-04-0413-06

Radiological characteristics of the middle meningeal artery in recurrent chronic subdural hematoma and its embolization therapy LIU Zhensheng, WEI Tingfeng, SUN Yong, KUANG Xiongwei, WANG Youwei, WU Chenyi, DUAN Xiaochun, QI Wentao, PENG Aijun, ZHANG Wen. Department of Interventional Radiology, Affiliated Hospital of Yangzhou University, Yangzhou, Jiangsu Province 225001, China

Corresponding author: ZHANG Wen, E-mail: liuzhangxb@qq.com

DOI:10.3969/j.issn.1008-794X.2024.04.013

基金项目:扬州市社会发展项目(YZ2019054)

作者单位:225001 江苏扬州 扬州大学附属医院介入放射科(刘振生、魏庭丰、孙 勇、匡雄伟),神经外科(王友伟、吴臣义、段晓春、齐文涛、彭爱军),超声科(张 文)

通信作者:张 文 E-mail: liuzhangxb@qq.com

【Abstract】 Objective To discuss the morphological and hemodynamic characteristics of the middle meningeal artery (MMA) in recurrent chronic subdural hematoma (CSDH), and to evaluate the therapeutic efficacy of middle meningeal artery embolization (MMAE) for CSDH. **Methods** The clinical data and imaging materials of 31 patients with recurrent CSDH after surgical drilling and drainage, who were admitted to the Affiliated Hospital of Yangzhou University of China to receive MMAE between May 2019 and December 2022, were retrospectively analyzed. The diameter and relative blood flow velocity of the affected MMA were measured by using 3D-TOF MRA, which were compared with those in 20 randomly selected patients with CSDH who did not recur after surgical operation at the same period. The imaging follow-up was adopted after MMAE, and the improvement of clinical symptoms and the incidence of complications were analyzed. **Results** The mean diameter of MMA on the affected side in the recurrent group was (1.55 ± 0.45) mm, which was significantly larger than (1.32 ± 0.36) mm in the control group, the difference was statistically significant ($t=2.118, P=0.028$). The relative blood flow velocity in the recurrent group was (1.45 ± 0.23) , which was remarkably higher than (1.23 ± 0.26) in the control group, the difference between the two groups was statistically significant ($t=3.493, P=0.001$). The mean hematoma membrane enhancement grading score in the recurrent group was (2.25 ± 0.55) points, which in the control group was (1.60 ± 0.68) points, the difference between the two groups was statistically significant ($t=3.322, P=0.002$). After MMAE, imaging follow-up examination showed that complete absorption of hematoma was seen in 19 patients (95%), among them, complete absorption of hematoma within 3 months after MMAE was seen in 8 patients (40%), within 6 months after MMAE was seen in 16 patients (95%), and the median time of complete absorption of hematoma was 16 weeks (IQR: 7–22). In all patients, except one patient who developed recurrent symptoms, the clinical symptoms were improved to varying degrees, and no MMAE-related complications were observed. **Conclusion** Compared with non-recurrent patients, in the recurrent patients the blood supply of hematoma membrane becomes richer, the MMA diameter becomes larger, the blood flow velocity becomes faster at the recurrent side. MMAE is a clinically safe and effective method for the treatment of such CSDH. (J Intervent Radiol, 2024, 33: 413-418)

【Key words】 chronic subdural hematoma; recurrence; middle meningeal artery; angiography; embolization

慢性硬膜下血肿 (chronic subdural hematoma, CSDH) 是神经外科最常见的疾病之一, 随着人口老龄化及抗血栓药物的广泛使用, CSDH 的发病率逐年升高^[1]。外科钻孔引流是治疗症状性 CSDH 的首选方法, 但术后 9%~37%^[1-2] 的复发率是长期困扰神经外科医生的一大难题。此类复发患者通常仍采用外科手术治疗, 二次手术复发率甚至高达 46%, 而其他可供选择的有效治疗手段有限^[3]。本中心自 2019 年 5 月采用脑膜中动脉栓塞 (middle meningeal artery embolization, MMAE) 治疗复发性 CSDH 患者 20 例, 并评估其 MMA 形态学及血流动力学特征, 现报道如下。

1 材料和方法

1.1 研究对象

回顾性分析 2019 年 5 月至 2022 年 12 月期间外科钻孔引流术后复发并接受 MMAE 治疗的 CSDH 患者的影像及临床资料。参照文献^[4]记录患者 CSDH 外科术后复发的高危因素。纳入标准: ①所有

病例均符合 CSDH 的诊断标准, 均经头颅 CT 及 MRI 检查确诊为单侧血肿; ②外科钻孔引流术后常规口服阿托伐他汀钙片, 影像学证实复发并接受 MMAE 治疗。排除标准: 排除近 6 个月内出现脑血管意外、严重创伤、合并精神疾病、血液系统疾病及介入手术禁忌者。

外科钻孔引流术后复发 CSDH 患者 31 例 (15.2%), 符合纳入标准者 20 例, 其中男性 17 例 (85.0%), 平均年龄 72.2 岁 (52~86 岁), 复发时间距第一次外科手术平均 1.2 个月 (0.5~2 个月), 所有患者均存在 3 种以上复发高危因素。20 例患者原发血肿最大直径 (2.05 ± 0.37) cm, 中线移位 (0.79 ± 0.40) cm, 复发血肿最大直径 (1.70 ± 0.24) cm, 中线移位 (0.54 ± 0.24) cm, 见表 1。

1.2 方法

1.2.1 治疗方法 复发性 CSDH 有外科手术指征者行 MMAE 联合钻孔引流, 两者间隔时间小于 3 d, 无急迫外科手术指征者单纯行 MMAE 治疗。

征得医院伦理委员会同意, 将治疗方案、疗效

表 1 20 例 MMAE 治疗复发性 CSDH 患者的一般资料

序号	性别	年龄 (岁)	部位	复发高危因素	临床表现	原发血肿		复发血肿	
						最大直径 (cm)	中线移位 (cm)	最大直径 (cm)	中线移位 (cm)
1	男	70	左	①⑧⑪	头痛、肢体乏力	1.6	0.5	1.5	0.5
2	男	72	右	①⑧⑨⑩	头痛、行走不稳	2.5	1.2	2.0	0.8
3	女	69	左	①⑧⑫	头痛、肢体乏力	2.0	0.2	2.2	0.5
4	男	80	左	①②⑨⑪	头痛、肢体乏力	2.2	0.5	2.0	0.2
5	男	52	左	④⑧⑫	头痛	1.8	0.5	1.6	0.2
6	男	66	右	①⑫	头痛	1.7	0.6	1.5	0.5
7	女	59	左	①⑨⑩⑪⑫	头痛、肢体乏力	2.5	1.2	1.8	0.8
8	男	81	左	①④⑧	认知下降	1.5	0.2	1.6	0.4
9	男	75	右	①⑥⑧⑫	头痛、行走不稳	1.8	0.8	1.6	0.4
10	男	70	右	①⑨⑩	头痛	2.2	1.1	1.5	0.5
11	男	81	左	①②④⑧	认知下降	1.5	0.2	1.6	0.4
12	女	81	左	①④⑧	头痛、行走不稳	1.8	0.6	1.6	0.5
13	男	70	左	①⑧⑫	头痛、肢体乏力	1.6	0.6	1.5	0.4
14	男	66	右	①⑨⑩⑪	头痛、肢体乏力	2.5	1.2	1.8	0.6
15	男	77	右	①⑨⑩	头痛	2.2	1.0	1.5	0.5
16	男	81	左	①⑨⑩⑪	认知下降	2.5	1.2	1.6	0.8
17	男	66	左	①④⑨	头痛、肢体乏力	2.2	1.0	1.8	1.0
18	男	78	右	①⑧⑨⑩	头痛	2.2	1.2	1.5	0.6
19	男	77	左	①②⑧	头痛、肢体乏力	2.0	0.5	1.5	0.2
20	男	68	右	①⑨⑩⑫	头痛、肢体乏力	2.6	1.5	2.2	1.0

CSDH 外科术后复发的高危因素^[4]:①年龄>65 岁;②脑萎缩;③肝功能不全;④糖尿病;⑤血液透析;⑥凝血功能障碍;⑦慢性乙醇中毒;⑧混杂密度或高密度血肿;⑨血肿厚度>20 mm;⑩中线移位>10 mm;⑪血肿残余量多;⑫应用抗凝或抗血小板药物

及手术风险告知患者及家属，并签署知情同意书。MMAE 于局部麻醉术下进行，配合不佳者联合静脉镇静麻醉。常规 Seldinger 法穿刺右侧股动脉，置入 5F 导管鞘，单弯导管行选择性双侧颈内、外动脉造影，了解血管解剖，有无血管解剖变异，有无 MMA 异位起源。经造影导管引入微导管(Echelon 10, ev3 公司，美国)，在路径图监视下与微导丝配合超选 MMA，造影了解有无 MMA 远端分支异常染色、造影剂外溢，有无眼动脉显影及岩支显影，有无颅内危险吻合等。为进一步了解 CSDH 外膜有无强化及程度，超选择性 MMA 造影中行 C 臂-CT 扫描。后进一步将微导管超选越过可能存在的岩支及异位起源眼动脉，经微导管缓慢注射稀释(造影剂及生理盐水 1:1 混合)的聚乙烯醇颗粒(直径 150~300 μm)栓塞 MMA 远端分支，后以微弹簧圈栓塞 MMA 主干。术后常规股动脉压迫止血。术后常规口服阿托伐他汀钙片(立普妥，大连辉瑞制药有限公司)，连续服用 2 个月。

1.2.2 影像评估 评估复发 CSDH 患者 MMA 直径、血流速度，并与随机抽取的同期外科钻孔引流术后未复发的 20 例单侧 CSDH 患者作为对照。两组患者基线资料比较结果见表 2。

MMA 直径测量计算方法：于 3D-TOF MRA 原始轴位图像上测量颅内段 MMA 前支最大直径。MMA 血流速度测量方法：3D-TOF MRA 原始轴位图像上于棘孔远端测量两侧 MMA 的最大信号强度(signal intensity, SI)，患侧与健侧信号强度比值(SI 比值)确定为患侧 MMA 相对血流速度。评估复发 CSDH 血肿外膜强化分级，并与随机抽取的同期 20 例行 MMAE 治疗的原发 CSDH 患者作为对照。C 臂-CT 血肿外膜强化分级评价方法^[5]：Ⅰ级，无明显血肿外膜强化(1 分)；Ⅱ级，血肿外膜明显强化(2 分)；Ⅲ级，血肿内、外膜均明显强化(3 分)。由 2 名高年资神经介入医师共同对上述影像学资料进行评价，有分歧

表 2 两组患者基线资料比较

组别	例数	年龄 (岁, $\bar{x} \pm s$)	性别		高血压	糖尿病	服用抗栓药物	头颅外伤史	混杂密度血肿	基线 mRS		中线移位 (mm, $\bar{x} \pm s$)	血肿最大直径 (mm, $\bar{x} \pm s$)	脑萎缩
			男	女						≤2	>2			
复发组	20	72±8	17	3	9	5	12	10	14	19	1	0.8±0.4	2.0±0.4	6
对照组	20	71±11	16	4	7	4	8	9	8	18	2	0.8±0.4	2.0±0.3	4
$t\chi^2$ 值	-	0.403	0		0.42	0	1.60	0.10	3.64	0		-0.246	0.693	1.30
P 值	-	0.689	1		0.519	1	0.206	0.752	0.057	1		0.807	0.493	0.254

mRS 为改良 Rankin 量表;“为 t 值

时经讨论达成一致意见。

1.3 观察终点及随访方法

主要临床终点为血肿复发和挽救性外科手术,次要临床终点为手术相关并发症、临床症状改善及血肿吸收情况。

通过门诊或电话方式对患者进行随访,定期复查头颅 CT 或 MR,随访时间至少 3 个月,直至血肿完全或近完全吸收。术后复发定义为随访过程中出现影像学复发伴或不伴有相应的神经功能障碍。

1.4 统计学方法

采用 SPSS 22.0 统计学软件对所有数据进行分析,计数资料采用例数(百分比)表示,非正态分布的计量资料采用中位数(四分位数间距)表示,正态分布的计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,两组间比较采用 t 检验。数据非正态分布,组间比较则用 Mann-Whitney U 检验。计数资料间的比较采用卡方检验或 Fisher 确切概率法检验。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

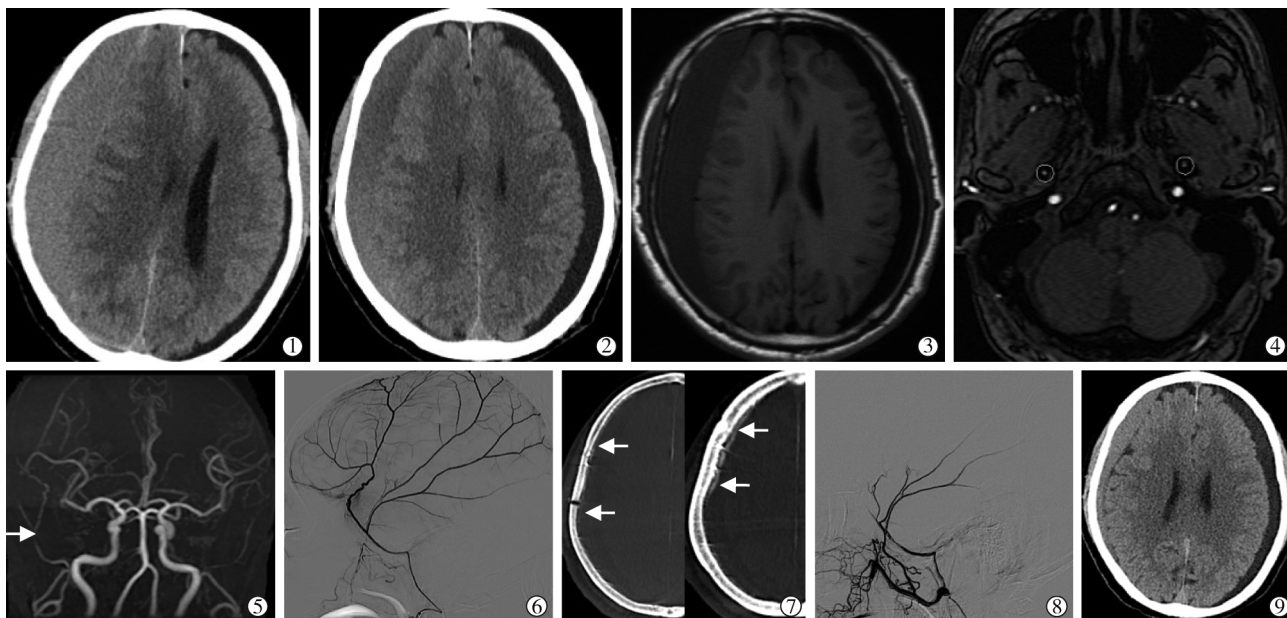
2 结果

复发组 CSDH 患侧 MMA 直径为 (1.55 ± 0.45) mm,健侧 MMA 直径为 (0.98 ± 0.23) mm,两组差异有统计学意义($t=11.745, P < 0.001$)。对照组 CSDH 患侧 MMA 直径为 (1.32 ± 0.36) mm,健侧 MMA 直径为 (0.95 ± 0.28) mm,两组差异有统计学意义($t=9.410, P < 0.001$)。

复发组患侧 MMA 直径大于对照组,两组差异有统计学意义($t=2.118, P=0.028$)。复发组健侧 MMA 直径与对照组健侧 MMA 直径差异无统计学意义($t=0.624, P=0.536$)。复发组 SI 比值为 1.45 ± 0.23 ,对照组 SI 比值为 1.23 ± 0.26 ,两组差异有统计学意义($t=3.493, P=0.001$)。

20 例复发 CSDH 中单纯 MMAE 治疗 8 例, MMAE 联合外科钻孔引流术 12 例。所有患者患侧超选择性血管造影均可见 MMA 分支末端浅淡“棉絮样”染色,术中 C 臂-CT 均可见血肿外膜不同程度强化。复发组 CSDH 血肿外膜强化分级 I 级 1 例、II 级 13 例、III 级 6 例,评分 (2.25 ± 0.55) 分,对照组血肿外膜强化分级 I 级 10 例、II 级 8 例、III 级 2 例,评分 (1.60 ± 0.68) 分,两组差异有统计学意义($t=3.322, P=0.002$)。

头颅 CT 随访血肿完全吸收 19 例(95%),其中 3 个月完全吸收 8 例(40%),6 个月完全吸收 19 例(95%),中位吸收时间 16 周(IQR:7~22)。1 例患者单纯 MMAE 术后 5 周再次出现轻微头痛、肢体乏力,影像学检查血肿量稍增加,继续保守治疗至末次随访尚未完全吸收。余患者随访过程中临床症状均不同程度改善或消失。所有患者 MMA 栓塞治疗后均未见手术相关并发症,典型病例见图 1。



①头颅 CT 示右侧原发 CSDH,左侧硬膜下积液,中线移位;②外科术后 3 周头颅 CT 复查 CSDH 复发;③外科术后 4 周头颅 MR T1WI 血肿进一步增大,中线轻度移位;④3D-TOF MRA 原始轴位图像,患侧 MMA SI 明显强于对侧;⑤3D-TOF MRA 示患侧 MMA 直径明显大于对侧;⑥超选择性血管造影见患侧 MMA 分支增多、增粗、远端分支浅淡“棉絮样”染色;⑦术中 C 臂-CT 血肿外膜明显强化,II 级;⑧MMAE 后 MMA 分支呈残根状;⑨ MMAE 联合钻孔引流术后 1 月头颅 CT 示血肿吸收大于 50%,术后 3 个月血肿完全吸收(外院)

图 1 慢性硬膜下血肿钻孔引流术后复发 MMAE 治疗病例

3 讨论

通常认为,CSDH 的发生机制为外伤引起桥静脉撕裂,血液或血液降解产物以及其他液体在蛛网膜和硬脑膜之间聚集形成血肿^[6]。还有观点认为硬膜下血肿并非位于硬膜下,而是位于硬脑膜最内层新形成的硬膜内空间,即所谓的“硬膜边界区”^[7-8]。因此,硬膜下血肿的内膜由与蛛网膜屏障细胞相邻的硬脑膜边界区组成,而外膜主要由硬脑膜外层组成。在硬脑膜边界细胞、炎性细胞、成纤维细胞及细胞因子作用下发生炎症反应,血肿周围形成富含新生血管的包膜,这些幼稚、新生血管渗透性高,易反复渗漏微出血^[9]。CSDH 的自然病程转归与血肿包膜新生血管成熟程度、血液渗漏速度及血肿液化吸收速度密切相关,当前者占优势时导致血肿进展及外科术后复发。

尽管钻孔引流术是目前最常用的外科干预手段,但其并未对责任出血血管进行有效干预,术后复发率为 9%~37%^[1-2]。而此类复发患者二次钻孔引流手术复发率甚至高达 46%,导致难治性 CSDH 的发生^[3]。对于此类患者,其他可供选择的治疗手段包括内镜下引流和清创、开颅血肿清除、血肿包膜切除、腹腔分流、Ommaya 储液囊的应用等,但均创伤较大,且均未被证明有效。此外,一些针对炎症和血管生成的药物治疗效果亦有限。本组共 204 例患者中,外科钻孔引流术后复发 31 例(15.2%),其中 11 例为双侧血肿未纳入本研究。20 例单侧血肿术后复发者,考虑再次单纯外科钻孔引流术后复发率更高,结合患者临床表现及血肿占位效应给予 MMAE 治疗(8 例)或 MMAE 联合外科手术治疗(12 例)。

自从 2000 年 Mandai 等^[10]首次报道 MMAE 治疗难治性 CSDH 并取得良好的效果以来,此方法作为一种微创血管内治疗手段,从源头上阻断血肿包膜新生血管血供来源,单独或联合外科钻孔引流术越来越多地用于 CSDH 的治疗,其结果令人鼓舞^[11-14]。最近一项 Meta 分析结果显示,单独 MMAE 或联合外科手术与更低的术后复发率及挽救性外科手术比例相关^[15]。Tempaku 等^[3]研究报道了外科手术治疗 13 例复发性 CSDH,6 例(46%)再次复发,此 6 例患者中 5 例接受了 MMAE 治疗并经 1~14 个月的随访未见复发。此外,Tempaku 等^[3]还回顾了 7 篇文献中接受过 1~7 次外科手术复发的 21 例 CSDH 患者,所有患者接受 MMAE 治疗后均未再次复发。Okuma 等^[16]研究报道了 MMAE 治疗 17 例难治性 CSDH,其中 5 例为多次外科术后复发者,此 17 例

患者经 MMAE 治疗并平均随访 26 个月均未见复发。本组研究亦获得了良好的临床结果,与研究报道结果相似。近年来 MMAE 术后血肿吸收逐渐受到关注,本组血肿中位吸收时间为 16 周(IQR: 7~22),略小于我们前期研究报道的 19 周^[12],可能与本组更多患者接受了联合外科钻孔引流术有关。

尽管文献综述了 CSDH 外科术后复发的高危因素包括基础疾病、抗栓药物应用、血肿影像学特征及术后残余量多等^[4,17-18],但似乎均忽略了 CSDH 责任供血动脉 MMA 这一重要因素。3D-TOF MRA 已广泛应用于颅内血管评估,可清晰显示 MMA 形态学特征,尽管其无法测量 CSDH 患侧 MMA 实际血流速度,但可通过原始轴位图像测量其信号强度并计算双侧 SI 比值获得相对血流速度值^[19]。牛胤等^[20]分析 CSDH MRI 血管成像特征及其与预后的关系,结果显示患侧 MMA 管径明显大于健侧及健康人群 MMA 管径,钻孔引流术后复发侧 MMA 管径明显大于非复发 MMA 管径,与我们前期研究^[21]及本组研究结果相符,但该文仅仅对比 MMA 管径差异,并未对 MMA 信号强度进行比较。本组研究显示,CSDH 患侧 MMA SI 明显高于健侧,且复发侧 MMA SI 明显高于非复发侧。此外,本研究结果还显示复发侧血肿外膜强化级别明显高于非复发侧,究其原因主要与复发侧血肿外膜血供更丰富、MMA 血流速度更快有关,这也可作为 CSDH 患者 MMAE 治疗适应证选择提供参考^[5,19]。

研究报道用于 MMAE 的材料主要有聚乙烯醇颗粒、弹簧圈、ONYX 胶、NBCA 胶等,尚无统一标准,也未能对最佳栓塞策略达成共识^[22]。本组 MMAE 术中主要采用少许聚乙烯醇颗粒栓塞 MMA 远端细小分支,微弹簧圈栓塞 MMA 主干的栓塞策略,获得了良好的栓塞效果。尽管使用颗粒栓塞剂理论上存在通过 MMA 与颈内动脉海绵窦段及眼动脉间潜在的危险吻合导致误栓风险^[23],但术中微导管超选择性造影及适量栓塞可避免此类风险,且小颗粒栓塞剂可有效向 MMA 远端微循环水平渗透,避免短期内侧支循环建立导致血肿复发。Samarage 等^[24]研究认为栓塞剂向中线与对侧 MMA 侧支吻合水平渗透是血肿快速完全吸收的独立影响因素。此外,MMAE 治疗 CSDH 时还应注意避免栓塞 MMA 岩支导致第 VII 颅神经缺血而造成面神经麻痹^[2]。眼动脉异位起源于 MMA 并非罕见,文献报道为 13.8%^[25],应高度警惕,避免眼动脉误栓。

综合文献及现有的经验我们认为,MMA 是

CSDH 血肿外膜新生血管的主要供血动脉及责任出血动脉来源,与非复发者相比外科术后复发侧血肿外膜血供更丰富、MMA 管径更粗、血流速度更快,MMAE 可能是治疗此类 CSDH 最有前景的治疗方法。

参考文献

- [1] Henry J, Amoo M, Kissner M, et al. Management of chronic subdural hematoma: a systematic review and component network meta-analysis of 455 studies with 103 645 cases[J]. *Neurosurgery*, 2022, 91: 842-855.
- [2] Link TW, Boddu S, Paine SM, et al. Middle meningeal artery embolization for chronic subdural hematoma: a series of 60 cases [J]. *Neurosurgery*, 2019, 85: 801-807.
- [3] Tempaku A, Yamauchi S, Ikeda H, et al. Usefulness of interventional embolization of the middle meningeal artery for recurrent chronic subdural hematoma: five cases and a review of the literature[J]. *Interv Neuroradiol*, 2015, 21: 366-371.
- [4] 严超, 杨明飞. 慢性硬膜下血肿术后复发的研究进展[J]. *中华神经外科杂志*, 2019, 35: 318-321.
- [5] Nakagawa I, Park HS, Kotsugi M, et al. Enhanced hematoma membrane on DynaCT images during middle meningeal artery embolization for persistently recurrent chronic subdural hematoma [J]. *World Neurosurg*, 2019, 126: e473-e479.
- [6] Jafari N, Gesner L, Koziol JM, et al. The pathogenesis of chronic subdural hematomas: a study on the formation of chronic subdural hematomas and analysis of computed tomography findings [J]. *World Neurosurg*, 2017, 107: 376-381.
- [7] Haines DE, Harkey HL, al-Mefty O. The "subdural" space: a new look at an outdated concept[J]. *Neurosurgery*, 1993, 32: 111-120.
- [8] Hasan D, Nikoubashman O, Pjontek R, et al. MRI appearance of chronic subdural hematoma[J]. *Front Neurol*, 2022, 13: 872664.
- [9] Feghali J, Yang W, Huang J. Updates in chronic subdural hematoma: epidemiology, etiology, pathogenesis, treatment, and outcome [J]. *World Neurosurg*, 2020, 141: 339-345.
- [10] Mandai S, Sakurai M, Matsumoto Y. Middle meningeal artery embolization for refractory chronic subdural hematoma. Case report[J]. *J Neurosurg*, 2000, 93: 686-688.
- [11] 刘振生, 曹德茂, 孙勇, 等. 脑膜中动脉栓塞与传统方法治疗慢性硬膜下血肿疗效的倾向性评分匹配对比研究[J]. *中华放射学杂志*, 2022, 56: 661-666.
- [12] Liu Z, Wang Y, Tang T, et al. Time and influencing factors to chronic subdural hematoma resolution following middle meningeal artery embolization[J]. *World Neurosurg*, 2023, 179: eb-e14.
- [13] 卢小健, 黄庆峰, 张云峰, 等. 脑膜中动脉栓塞治疗慢性硬膜下血肿的初步临床观察[J]. *中华神经外科杂志*, 2021, 37: 567-571.
- [14] Catapano JS, Ducruet AF, Nguyen CL, et al. Middle meningeal artery embolization for chronic subdural hematoma: an institutional technical analysis[J]. *J Neurointerv Surg*, 2021, 13: 657-660.
- [15] Ironside N, Nguyen C, Do Q, et al. Middle meningeal artery embolization for chronic subdural hematoma: a systematic review and meta-analysis[J]. *J Neurointerv Surg*, 2021, 13: 951-957.
- [16] Okuma Y, Hirotsune N, Sato Y, et al. Midterm follow-up of patients with middle meningeal artery embolization in intractable chronic subdural hematoma[J]. *World Neurosurg*, 2019, 126: e671-e678.
- [17] Miah IP, Tank Y, Rosendaal FR, et al. Radiological prognostic factors of chronic subdural hematoma recurrence: a systematic review and meta-analysis[J]. *Neuroradiology*, 2021, 63: 27-40.
- [18] Mishra R, Deora H, Florez-Perdomo WA, et al. Clinical and radiological characteristics for recurrence of chronic subdural hematoma: a systematic review and meta-analysis [J]. *Neurol Int*, 2022, 14: 683-695.
- [19] Sato K, Horiguchi G, Teramukai S, et al. Time - of - flight magnetic resonance angiography for detection of postoperative recurrence in patients with chronic subdural hematoma[J]. *Acta Neurol Belg*, 2023, 123: 2167-2175.
- [20] 牛胤, 陈家飞, 蒋周阳, 等. 慢性硬膜下血肿脑膜中动脉的 MR 血管成像特征及其与预后的关系[J]. *陆军军医大学学报*, 2022, 44: 1249-1254.
- [21] 刘振生, 王鸿生, 孙勇, 等. 脑膜中动脉栓塞治疗慢性硬膜下血肿影像解剖学依据研究[J]. *临床放射学杂志*, 2021, 40: 2188-2192.
- [22] Shehabeldin M, Amllay A, Jabre R, et al. Onyx versus particles for middle meningeal artery embolization in chronic subdural hematoma[J]. *Neurosurgery*, 2023, 92: 979-985.
- [23] Bonasia S, Smajda S, Ciccio G, et al. Middle meningeal artery: anatomy and variations[J]. *AJNR Am J Neuroradiol*, 2020, 41: 1777-1785.
- [24] Samarage HM, Kim WJ, Zarrin D, et al. The "bright falx" sign-midline embolic penetration is associated with faster resolution of chronic subdural hematoma after middle meningeal artery embolization: a case series[J]. *Neurosurgery*, 2022, 91: 389-398.
- [25] Fantoni M, Eliezer M, Serrano F, et al. High frequency of ophthalmic origin of the middle meningeal artery in chronic subdural hematoma[J]. *Neuroradiology*, 2020, 62: 639-644.

(收稿日期: 2023-04-19)

(本文编辑: 茹实)