

颅内动脉瘤介入治疗相关症状性缺血并发症分析

蒋业清, 鲁刚, 葛亮, 黄磊, 万海林, 王震宇, 潘婷, 张晓龙

【摘要】目的 探讨颅内动脉瘤介入治疗相关症状性缺血并发症原因和处理措施。**方法** 回顾性分析 2011 年 1 月至 2019 年 4 月上海华山医院连续介入治疗的 942 例患者(1 055 枚动脉瘤)中确诊的 37 例(3.9%, 37/942)症状性缺血并发症的原因和处理措施。**结果** 37 例患者术中症状性缺血并发症 25 例(2.6%, 25/942), 包括载瘤动脉内血栓形成 16 例(瘤颈部反复操作 10 例、过度栓塞 4 例、支架贴壁欠佳 2 例), 瘤颈部分支闭塞 3 例(弹簧圈表面血栓形成或瘤颈部反复操作), 远端分支栓塞或血栓形成 6 例(导引导管内附壁血栓脱落 5 例、分支血管痉挛 1 例); 术后症状性缺血并发症 12 例(1.3%, 12/942), 包括载瘤动脉内血栓形成 7 例(替罗非班应用不足 3 例、支架贴壁欠佳 1 例、支架串联重叠部位血栓形成 1 例、弹簧圈致栓 1 例、重度贫血 1 例), 瘤颈部分支闭塞 1 例(弹簧圈表面血栓形成), 远端分支栓塞或血栓形成 4 例(均为球囊闭塞试验假阴性)。37 例患者均经及时抗凝、抗血小板、抗血管痉挛或术中机械碎栓等介入治疗, 术后 6 个月改良 Rankin 量表(mRS)评分仅 2 例 ≥ 2 分, 其余患者预后良好(mRS 评分均 < 2 分)。**结论** 颅内动脉瘤介入治疗相关症状性缺血并发症病因复杂, 通过及时识别并联合应用抗凝、抗血小板、抗血管痉挛和机械碎栓等介入治疗, 多数患者可获得良好预后。

【关键词】 颅内动脉瘤; 血管内治疗; 缺血性并发症

中图分类号: R743.4 文献标志码: A 文章编号: 1008-794X(2021)-02-0112-06

Intervention-related symptomatic ischemic complications due to endovascular treatment for intracranial aneurysms JIANG Yeqing, LU Gang, GE Liang, HUANG Lei, WAN Hailin, WANG Zhenyu, PAN Ting, ZHANG Xiaolong. Department of Interventional Radiology, Affiliated Huashan Hospital of Fudan University, Shanghai 200040, China

Corresponding author: ZHANG Xiaolong, E-mail: xiaolongzhang@fudan.edu.cn

【Abstract】Objective To discuss the causes and managements of intervention-related symptomatic ischemic complications due to endovascular treatment for intracranial aneurysms. **Methods** Between January 2011 and April 2019, a total of 942 consecutive patients with intracranial aneurysm(1 055 aneurysms in total) received interventional treatment at Shanghai Huashan Hospital of China. Among the 942 patients, 37(3.9%, 37/942) developed symptomatic ischemic complications, their causes were analyzed and the managements were discussed. **Results** Of the 37 patients, intraoperative symptomatic ischemic complication occurred in 25 (2.6%, 25/942), including thrombosis in the parent artery($n=16$), which was caused by repeated manipulation over aneurysm neck($n=10$), excessive embolization($n=4$) and poor adhesion of stent on the vascular wall($n=2$); occlusion of aneurysm neck branch($n=3$), which was caused by thrombosis on coil surface or repeated manipulation over aneurysm neck; and distal branch embolism or thrombosis($n=6$), which was caused by thrombus escaping from guiding-catheter($n=5$) or branch vasospasm($n=1$). Postoperative symptomatic ischemic complications occurred in 12 patients(1.3%, 12/942), including thrombosis in the parent artery($n=7$), which was caused by insufficient use of tirofiban($n=3$), poor adhesion of stent on the vascular wall($n=1$), thrombosis at the stent-overlapped site($n=1$), coil-induced occlusion($n=1$), and severe anemia($n=1$); occlusion of aneurysm

DOI: 10.3969/j.issn.1008-794X.2021.01.002

基金项目: 国家自然科学基金面上项目(81771242)

作者单位: 200040 上海 复旦大学附属华山医院放射介入科

通信作者: 张晓龙 E-mail: xiaolongzhang@fudan.edu.cn

neck branch($n=1$), which was caused by thrombosis on coil surface; and distal branch embolism or thrombosis ($n=4$), which was due to false negative of balloon occlusion testing. All 37 patients were promptly treated with anticoagulation, antiplatelet, anti-vasospasm, intraoperative mechanical thrombectomy and other interventional treatments. Six months after treatment, modified Rankin scale (mRS) scoring showed that mRS score ≥ 2 points was seen in only 2 patients, all the remaining patients had a favorable prognosis (mRS score < 2 points).

Conclusion The causes of intervention-related symptomatic ischemic complications due to endovascular treatment for intracranial aneurysms are complex. Timely identification of this complication and combination use of anticoagulation, antiplatelet, anti-vasospasm, intraoperative mechanical thrombectomy and other interventional treatments can achieve excellent prognosis in most patients. (J Intervent Radiol, 2021, 30: 112-117)

【Key words】 intracranial aneurysm; endovascular therapy; ischemic complication

颅内动脉瘤人群发病率约为 3%^[1],其破裂可导致严重致残和致死后果^[2]。目前介入治疗已成为颅内动脉瘤主要治疗方式^[3],同时症状性缺血并发症发生率及转归成为评价手术安全和疗效的重要指标^[4-5],但对颅内动脉瘤介入治疗相关症状性缺血并发症原因及处理措施的研究相对较少。本研究回顾性分析颅内动脉瘤介入治疗相关症状性缺血并发症的原因及处理措施。

1 材料与方法

1.1 一般资料

回顾性分析 2011 年 1 月至 2019 年 4 月上海华山医院连续介入治疗的 942 例患者 (1 055 枚动脉瘤)中确诊的 37 例症状性缺血并发症。所有患者均按本中心治疗常规及围手术期用药^[6]。

1.2 并发症与随访

症状性缺血并发症诊断根据神经科查体和影像学检查结果。2 名神经介入专家分别确定并发症原因 (意见不一时由科室讨论确定)。术中症状性缺血并发症指术中有血管痉挛、血栓形成或栓塞,术后有新发神经功能缺失,且头颅 CT 或 MRI 有新发脑梗死灶;术后症状性缺血并发症指术中造影未见缺血征象,术后麻醉清醒后 48 h 内出现新发神经功能缺失,急诊造影显示载瘤动脉、动脉瘤累及分支及远端血管内血栓形成或栓塞。

术后 6 个月采用改良 Rankin 量表 (mRS) 评价神经功能恢复状况 (< 2 分为预后良好, ≥ 2 分且较术前评分增加为预后不良)。

2 结果

942 例患者 (1 055 枚颅内动脉瘤)中症状性缺血并发症 37 例 (3.9%, 37/942), 其中术中症状性缺血并发症 25 例 (2.6%, 25/942), 术后症状性缺血并

发症 12 例 (1.3%, 12/942)。

2.1 术中症状性缺血并发症

25 例中男 13 例, 女 12 例, 年龄 (55.3 ± 12.7) ($25 \sim 76$) 岁; 动脉瘤大小 (9.2 ± 6.7) ($3.1 \sim 27.0$) mm; 动脉瘤位置、破裂与否、多发动脉瘤及治疗方式见表 1。术中症状性缺血并发症发生原因: ①载瘤动脉内血栓形成 (16 例, 其中瘤颈部反复操作 10 例, 过度栓塞 4 例, 支架贴壁欠佳 2 例); ②瘤颈部分支闭塞 (3 例, 弹簧圈表面血栓形成或瘤颈部反复操作); ③远端分支栓塞或血栓形成 [6 例, 其中导引导管内附壁血栓脱落 5 例 (图 1), 分支血管痉挛 1 例]。处理措施及预后: 对术中血栓形成或血管闭塞, 经导引导管给予替罗非班 $10 \mu\text{g/kg}$ 溶栓、尼莫地平抗血管痉挛、全身肝素化, 若效果不佳给予微导丝机械碎栓或 Solitaire 支架取栓, 同时配合动脉内给予替

表 1 术中症状性缺血并发症患者动脉瘤特征及治疗方式

| 参数 | n |
|-----------|---------------------------------|
| 动脉瘤位置 | |
| 颈眼动脉瘤 | 8 |
| 后交通动脉瘤 | 3 |
| 前交通动脉瘤 | 5 |
| 颈内动脉末端动脉瘤 | 1 |
| 大脑中动脉瘤 | 7 |
| 椎动脉瘤 | 1 |
| 术前动脉瘤状态 | |
| 破裂 | 6 |
| 未破裂 | 19 |
| 治疗动脉瘤枚数 | |
| 多发 | 3 |
| 单发 | 22 |
| 治疗方式 | |
| 单微导管栓塞 | 7 |
| 双微导管栓塞 | 2 |
| 单支架辅助栓塞 | 13 (EP 1, Soli 4, NF 5, LVIS 3) |
| 双支架辅助栓塞 | 3 (双 Soli 2, Soli+LVIS 1) |

EP: Enterprise 支架; Soli: Solitaire 支架; NF: Neuroform; LVIS: 低剖面可视化腔内支架



患者女, 55 岁, 右侧周围性面瘫 4 个月, 发现右大脑中动脉瘤 3 周入院: ①造影示右额顶升支发自瘤颈(箭头); ②术中动脉瘤栓塞前见右额顶升支远端血栓形成(箭头); ③经常规处理, 术后造影示右额顶升支血栓部分再通(箭头); ④术后弥散加权成像(DWI)示右额顶叶急性梗死; ⑤术后 13 个月随访侧位额顶升支完全再通(箭头); ⑥CT 示右额顶叶陈旧性脑梗死灶。患者术后新发左侧中枢性面瘫伴运动性失语, 半年随访未恢复

图 1 导管内血栓脱落至大脑中动脉上干分支栓塞影像

罗非班 $10 \mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ 。术后复查常规头颅 CT, 如无出血, 给予替罗非班 $10 \mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ 静脉维持 2~3 d。对支架辅助栓塞患者, 予双联抗血小板治疗(肠溶阿司匹林 100 mg/d , 氯吡格雷 75 mg/d)。术后 6 个月随访显示, mRS 评分 ≥ 2 分 2 例(0.2%, 2/942)。

2.2 术后症状性缺血并发症

12 例中男 5 例, 女 7 例, 年龄(56.3 ± 9.0) (43~74) 岁, 见表 2。术后症状性缺血并发症发生原因: ①载瘤动脉内血栓形成[7 例, 其中替罗非班应用不足 3 例, 支架贴壁欠佳 1 例, 支架串联重叠部位血栓形成 1 例(图 2), 弹簧圈致栓 1 例, 重度贫血 1 例]; ②瘤颈部分支闭塞(1 例, 弹簧圈表面血栓形成)(图 3); ③远端分支栓塞或血栓形成(4 例, 均为球囊闭塞试验假阴性, 前后交通代偿不足)。处理措施及预后: 术后出现新发神经科体征, 常规先行头颅 CT 平扫明确有无出血, 无出血予以全身肝素化, 症状持续则行急诊脑血管造影明确有无颅内血管内血栓形成或栓塞, 发现血栓后按术中血栓形成处理, 直至血栓消失或大部消失, 观察 30 min, 复查造影前向血流通畅, 远端灌注良好后结束手术, 返回病房后继续替罗非班 $10 \mu\text{g/kg}$ 静脉微泵维持 48~72 h, 术后按急性脑梗死常规用药, 常规复查头颅 MRI。

出院前 6 例患者 mRS 评分 < 2 分, 3 分和 2 分各 3 例, 术后 6 个月 1 例术前 mRS 评分 3 分脑梗死患者(患者 3)恢复至 2 分, 余患者评分均恢复同术前。

3 讨论

缺血是颅内动脉瘤介入治疗最常见并发症, 发生率 2.5%~28%^[7]。本研究回顾 942 例患者(1 055 枚颅内动脉瘤)中 37 例(3.9%, 37/942)症状性缺血并发症, 与文献报道发生率(4.3%)相近^[8]。载瘤动脉血栓形成危险因素众多, 如血小板抵抗、弹簧圈逃逸、重度贫血^[9]等。支架应用及瘤颈部血管内皮损伤导致载瘤动脉内血栓形成^[10-12]。术前制定详细手术策略包括合理选择分期手术^[13], 有助于减少手术操作时间进而减少血栓形成风险。本研究中 10 例载瘤动脉血栓形成考虑与为达到动脉瘤致密栓塞在瘤颈反复操作致局部内皮损伤相关, 提示合理制定手术策略、减少瘤颈部反复操作可降低血栓形成风险。

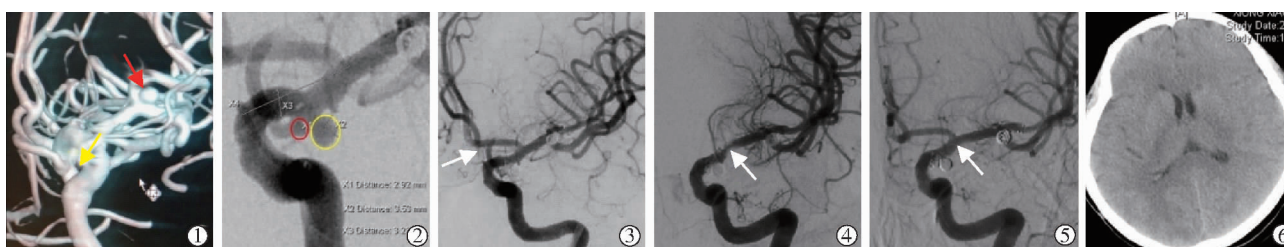
支架辅助栓塞动脉瘤过度栓塞瘤颈是为了降低复发, 但瘤颈局部反复操作或后释放支架局部打开不良可导致血栓事件。本研究中 3 例前交通动脉瘤支架辅助栓塞治疗时过度栓塞载瘤动脉引起

表 2 术后症状性缺血并发症患者临床资料

| 患者 | 性别 | 年龄/岁 | 入院症状 | 破裂 | 动脉瘤部位 | 治疗方式 | 时间 |
|----|----|------|-------------|----|----------------------|-------------|-----------|
| 1 | 男 | 46 | 头痛 2 个月 | 是 | 左脉络膜前动脉瘤 | 单纯栓塞 | 术后 3 h |
| 2 | 女 | 60 | 头痛 1 周 | 否 | 左颈眼巨大动脉瘤 | LVIS 辅助栓塞 | 术后即刻 |
| 3 | 女 | 43 | 右肢体偏瘫 1 年 | 否 | 左颈眼动脉瘤 | LVIS 辅助栓塞 | 术后 20 h |
| 4 | 女 | 54 | 阵发性头痛 2 年 | 否 | 双侧颈眼动脉瘤 | LVIS 辅助栓塞 | 术后 1 h |
| 5 | 女 | 55 | 头晕 3 个月 | 否 | 右颈眼及左侧大脑后动脉瘤 | LVIS 辅助栓塞 | 术后 1 h |
| 6 | 女 | 61 | 头痛 1 个月 | 否 | 双侧后交通、左大脑中动脉、左大脑前动脉瘤 | LVIS 辅助栓塞 | 术后 30 min |
| 7 | 男 | 74 | 外伤后头痛 2 d | 是 | 左大脑中动脉瘤 | 单纯栓塞 | 术后 3 h |
| 8 | 男 | 61 | 右眼视物模糊 2 个月 | 否 | 右颈眼巨大动脉瘤 | 闭塞动脉瘤及载瘤动脉 | 术后 3 d |
| 9 | 女 | 59 | 突发头痛 2 周 | 否 | 右颈眼巨大动脉瘤 | 闭塞动脉瘤及载瘤动脉 | 术后 3 h |
| 10 | 女 | 53 | 头晕 1 个月 | 否 | 右颈眼巨大动脉瘤 | 闭塞动脉瘤及载瘤动脉 | 术后 2 h |
| 11 | 男 | 45 | 反复头痛 2 年 | 否 | 右颈内末段梭形大动脉瘤 | 闭塞动脉瘤及载瘤动脉 | 术后 3 h |
| 12 | 男 | 65 | 头痛 2 d | 是 | 左侧后交通前壁动脉瘤 | 双 LVIS 辅助栓塞 | 术后 3 h |

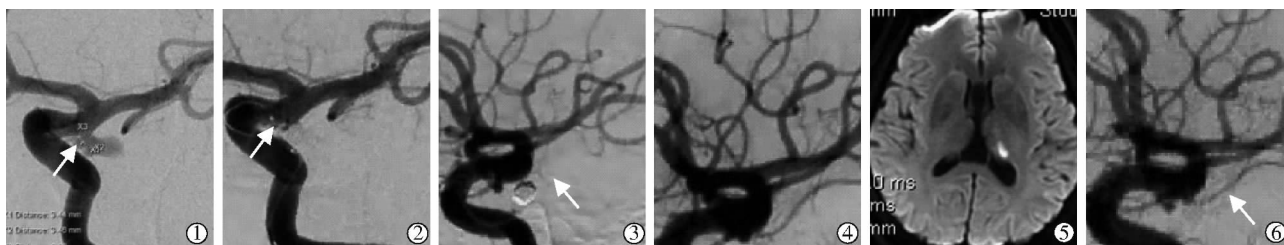
(续表 2)

| 患者 | 症状 | 血栓部位 | 闭塞原因 | 术后 MRI | 出院/术后 6 个月 mRS 评分 |
|----|-----------------------|-------|-----------|---------|-------------------|
| 1 | 言语不清、右肢肌力下降 | 脉前闭塞 | 弹簧圈致栓 | 少许散在梗死灶 | 0/0 |
| 2 | 神志淡漠、右肢肌力下降 | 支架内 | 替罗非班应用不足 | 少许散在梗死灶 | 1/0 |
| 3 | 不能遵嘱、左肢肌力下降 | 支架内 | 替罗非班应用不足 | 少许散在梗死灶 | 恢复同术前 3/2 |
| 4 | 昏迷、四肢肌力下降 | 双侧支架内 | 重度贫血 | 多发散在梗死灶 | 1/0 |
| 5 | 昏迷、右侧巴氏征阳性、GCS 评分 5 分 | 支架内 | 支架贴壁欠佳 | 阴性 | 1/0 |
| 6 | 混合性失语、右肢肌力下降 | 支架内 | 支架重叠部位 | 少许散在梗死灶 | 0/0 |
| 7 | 失语伴右肢肌力下降 | 弹簧圈表面 | 弹簧圈致栓 | 左颞顶叶梗死灶 | 2/1 |
| 8 | 嗜睡、左肢肌力 3 d 内进行性下降 | — | 球囊闭塞试验假阴性 | 右分水岭梗死灶 | 3/1 |
| 9 | 言语含糊、左肢肌力下降 | — | 球囊闭塞试验假阴性 | 右分水岭梗死灶 | 3/1 |
| 10 | 左肢肌力下降 | — | 球囊闭塞试验假阴性 | 基底节梗死 | 1/0 |
| 11 | 左肢肌力下降 | — | 球囊闭塞试验假阴性 | 基底节梗死 | 2/1 |
| 12 | 混合性失语、右肢肌力下降 | 支架内 | 替罗非班应用不足 | 多发散在梗死灶 | 2/0 |



患者女, 61 岁, 头痛 1 个月就诊; ①术前 CT 3D 示左大脑中动脉瘤(红箭头)和左后交通动脉瘤(黄箭头); ②术前工作角度 DSA 造影示动脉瘤(黄圈)和后交通动脉起始部(红圈); ③由于左大脑后动脉 P1 段发育良好, 术后工作角度造影示左后交通动脉起始部栓塞血流缓慢(箭头), 左颈内动脉血流通畅; ④术后 30 min 患者出现淡漠、混合性失语伴右肢肌力下降, 急诊头颅 DynaCT 未见出血, 行全身肝素化, 急诊造影示大脑前动脉闭塞及颈内动脉内 LVIS 和 Solitaire 支架重叠部位血栓形成(箭头); ⑤经导管分次共注入 16 mL 替罗非班, 同时行微导丝机械碎栓后大脑前动脉和颈内动脉完全再通, 颈内动脉支架内血栓完全消失(箭头); ⑥术后头颅 CT 示左基底节急性小梗死灶, 患者 mRS 评分 1 分, 术后 6 个月随访 mRS 评分 0 分

图 2 术后支架串联重叠部位血栓形成影像



患者男, 46 岁, 头痛 2 个月余就诊, 术前头颅 CT 示蛛网膜下腔出血; ①术前工作角度 DSA 造影示脉络膜前动脉发自瘤颈(箭头); ②术后工作角度造影示动脉瘤致密填塞, 脉络膜前动脉血流通畅(箭头); ③术后 3 h 患者出现言语不清, 右肢肌力下降, 急诊头颅 DynaCT 未见出血, 行全身肝素化, 急诊造影示脉络膜前动脉完全闭塞(箭头); ④经导管分次共注入 25 mL 替罗非班后脉络膜前动脉完全恢复(箭头); ⑤术后 3 d 头颅 DWI 示左丘脑少许梗死灶, 患者出院前症状完全恢复; ⑥术后 6 个月造影侧位示脉络膜前动脉血流通畅(箭头), 动脉瘤未见残余及复发

图 3 术后瘤颈部脉络膜前动脉闭塞影像

对侧 A2 段闭塞, 因此对前交通动脉瘤栓塞应合理选择工作角度, 避免过度栓塞对侧 A2; 其中 1 例颈眼宽颈动脉瘤过度栓塞致支架局部打开欠佳, 因此采用支架后释放技术应根据术者经验及支架类型合理选择支架释放时机, 以防支架打开不良。

LVIS 编织支架较激光刻蚀支架 (Neuroform/Solitaire) 致栓性更强^[14]。本研究中缺血并发症患者支架辅助栓塞治疗占 59.5% (22/37), 其中 LVIS 占 54.5% (12/22); 2 例 LVIS 局部贴壁欠佳致栓, 因此

应用 LVIS 时应在出血高危操作后, 尽早行全身肝素化。由于本中心支架辅助患者术前提前抗血小板准备, 因此术后应及时给予足量替罗非班静脉维持, 以预防支架内血栓形成。对载瘤动脉存在狭窄患者, 必要时可给予球囊扩张。术中可应用 DynaCT 和非减影旋转造影判断支架贴壁情况^[15], LVIS 术后可行微导管配合微导丝按摩支架使其完全贴壁, 减少支架内血栓形成风险。

抗血小板不足可增加缺血风险^[16]。由于本中心

术前常规不加用抗血小板药物,围手术期替罗非班应用尤为重要,其具有起效快、半衰期短、抗血小板作用可逆等优点^[17],在破裂动脉瘤介入治疗中应用仍安全有效^[18],本研究患者中与替罗非班应用不足相关的术后缺血事件有 3 例。目前指南未明确替罗非班在介入治疗颅内动脉瘤患者中的应用,报道剂量差异较大^[19]。本中心采用替罗非班经验方案(术中导引导管内缓慢给予 10 $\mu\text{g}/\text{kg}$,术后 10 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ 静脉维持 48~72 h)桥接双联抗血小板 24~48 h,效果良好,但仍需多中心大数据研究进一步验证。

瘤颈部分支闭塞可由栓塞时分支血管保护不够、载瘤动脉局部内皮损伤、动脉瘤栓塞术后占位效应引起。对累及重要分支(如脉络膜前动脉、豆纹动脉)的动脉瘤,可采用微导丝、微导管及大圈技术进行保护^[20];不要急于结束手术,应密切观察 0.5~1 h,即使是单纯栓塞,术后仍需给予替罗非班,以预防血栓形成。

远端血管血栓形成或栓塞常见原因有近端血管痉挛、滴注系统不畅、多微导管系统等。机械性刺激是血管痉挛常见原因,常表现为近端血管变形伴远端动脉血液滞留,因此及时回撤导引导管解除机械刺激后,应同时经导引导管注入稀释尼莫地平抗血管痉挛^[6]。本研究中导引导管内附壁血栓逃逸栓塞 5 例,滴注系统不畅是导致导引导管内附壁血栓常见原因,因此术中应密切关注滴注系统通畅性。尤其是多微导管通过单个 Y 阀时,微导管间死腔可导致血栓形成^[21]。对导引导管内附壁血栓形成,保持滴注系统通畅是关键,3 U/mL 肝素 0.9%氯化钠溶液经导引导管持续高压灌注可防止栓塞^[21]。但本中心未采用之,主要考虑术中滴注速度和时间不一,局部肝素浓度不好控制,有导致致死性出血风险。若为近端载瘤动脉大附壁血栓形成,可直接行支架贴覆。

外科夹闭术后患者可能存在某些载瘤血管内皮损伤^[11],易发生血管痉挛。本研究中 1 例大脑中动脉分叉部动脉瘤外科夹闭术后复发,再次 Y 型支架辅助栓塞,支架植入后载瘤动脉瘤痉挛明显并血栓形成,经术中常规处理后好转。对此类患者应尽量减少机械性刺激,必要时避免支架植入。

球囊闭塞试验假阴性可导致术后迟发性脑梗死^[22]。本组患者中球囊闭塞试验假阴性 4 例,均为颈内动脉巨大或梭形大动脉瘤,考虑与代偿欠佳及未行加强试验(应用降压药将平均动脉压降至其基础值 70%,维持 20 min,观察耐受情况)相关。对需

要闭塞载瘤动脉患者,其临床和影像学均应阴性,行加强试验明确后方可闭塞血管。若上述检测球囊闭塞试验均阴性患者闭塞载瘤动脉后出现迟发性缺血,可能与流体力学改变后血栓形成相关,术后扩容、抗血小板治疗可降低其发生率。

综上所述,颅内动脉瘤介入治疗相关症状性缺血并发症病因复杂,通过及时识别并联合应用抗凝、抗血小板、抗血管痉挛和机械碎栓等介入治疗,多数患者可获得良好预后。

[参考文献]

- [1] Algra AM, Lindgren A, Vergouwen MDI, et al. Procedural clinical complications, case-fatality risks, and risk factors in endovascular and neurosurgical treatment of unruptured intracranial aneurysms: a systematic review and meta-analysis[J]. JAMA Neurol, 2019, 76: 282-293.
- [2] Nieuwkamp DJ, Setz LE, Algra A, et al. Changes in case fatality of aneurysmal subarachnoid haemorrhage over time, according to age, sex, and region: a meta-analysis[J]. Lancet Neurol, 2009, 8: 635-642.
- [3] Molyneux AJ, Kerr RS, Yu LM, et al. International subarachnoid aneurysm trial (ISAT) of neurosurgical clipping versus endovascular coiling in 2143 patients with ruptured intracranial aneurysms: a randomised comparison of effects on survival, dependency, seizures, rebleeding, subgroups, and aneurysm occlusion[J]. Lancet, 2005, 366: 809-817.
- [4] Ihn YK, Shin SH, Baik SK, et al. Complications of endovascular treatment for intracranial aneurysms: management and prevention [J]. Interv Neuroradiol, 2018, 24: 237-245.
- [5] Puentes JC, Quintero ST, Uriza LF, et al. Complicaciones tromboticas y hemorragicas en pacientes con aneurismas cerebrales tratados por via endovascular: relacion con el uso de antiagregantes plaquetarios: evaluacion descriptiva[J]. Neurocirugia, 2018, 29: 18-24.
- [6] 蒋业清,黄磊,葛亮,等. 942 例颅内动脉瘤患者血管内治疗围术期出血并发症分析及防治[J]. 中华介入放射学电子杂志, 2019, 7:211-218.
- [7] Park HK, Horowitz M, Jungreis C, et al. Periprocedural morbidity and mortality associated with endovascular treatment of intracranial aneurysms[J]. AJNR Am J Neuroradiol, 2005, 26: 506-514.
- [8] 张彦冰,管生,郭新宾,等. 颅内动脉瘤介入治疗围术期缺血并发症病因分析与防治(附 48 例报告)[J]. 介入放射学杂志, 2017, 26:291-295.
- [9] Kaiafa G, Savopoulos C, Kanellos I, et al. Anemia and stroke: where do we stand?[J]. Acta Neurol Scand, 2017, 135: 596-602.
- [10] Herts SW, Turk A, English JD, et al. Stent-assisted coiling versus coiling alone in unruptured intracranial aneurysms in the matrix and platinum science trial: safety, efficacy, and mid-term outcomes[J]. AJNR Am J Neuroradiol, 2014, 35: 698-705.

- [11] Ayling OG, Ibrahim GM, Drake B, et al. Operative complications and differences in outcome after clipping and coiling of ruptured intracranial aneurysms[J]. J Neurosurg, 2015, 123: 621-628.
- [12] Suzuki M, Yoneda H, Ishihara H, et al. Adverse events after unruptured cerebral aneurysm treatment: a single-center experience with clipping/coil embolization combined units[J]. J Stroke Cerebrovasc Dis, 2015, 24: 223-231.
- [13] Andic C, Aydemir F, Kardes O, et al. Single-stage endovascular treatment of multiple intracranial aneurysms with combined endovascular techniques: is it safe to treat all at once? [J]. J Neurointerv Surg, 2017, 9: 1069-1074.
- [14] Nii K, Inoue R, Morinaga Y, et al. Evaluation of acute in-stent thrombosis during stent-assisted coil embolization of unruptured intracranial aneurysms[J]. Neurol Med Chir(Tokyo), 2018, 58: 435-441.
- [15] 朱涛,李 晓,吕丽红,等. 高分辨率 C 形臂 CT 联合金属条纹伪影消除技术在颅内动脉瘤支架辅助栓塞中的应用[J]. 介入放射学杂志, 2019, 28:826-831.
- [16] Yang H, Li Y, Jiang Y. Insufficient platelet inhibition and thromboembolic complications in patients with intracranial aneurysms after stent placement[J]. J Neurosurg, 2016, 125: 247-253.
- [17] Dornbos DR, Katz JS, Youssef P, et al. Glycoprotein IIb/IIIa inhibitors in prevention and rescue treatment of thromboembolic complications during endovascular embolization of intracranial aneurysms[J]. Neurosurgery, 2018, 82: 268-277.
- [18] Kim S, Choi JH, Kang M, et al. Safety and efficacy of intravenous tirofiban as antiplatelet premedication for stent-assisted coiling in acutely ruptured intracranial aneurysms[J]. AJNR Am J Neuroradiol, 2016, 37: 508-514.
- [19] Jeong HW, Jin SC. Intra-arterial infusion of a glycoprotein IIb/IIIa antagonist for the treatment of thromboembolism during coil embolization of intracranial aneurysm: a comparison of abciximab and tirofiban[J]. AJNR Am J Neuroradiol, 2013, 34: 1621-1625.
- [20] Zhang K, Wang ZL, Gao BL, et al. Use of a first large-sized coil versus conventional coils for embolization of cerebral aneurysms: effects on packing density, coil length, and durable occlusion[J]. World Neurosurg, 2019, 127: e685-e691.
- [21] 刘 东,吕 明,李佑祥,等. 急性出血期颅内动脉瘤血管内栓塞术中局部肝素化的应用[J]. 中华神经外科杂志, 2014, 30: 1081-1084.
- [22] 张法永,陈衍城,宋冬雷,等. 颈内动脉球囊闭塞试验的病例回顾[J]. 中国临床神经科学, 2006, 14:65-68.

(收稿日期:2020-02-12)

(本文编辑:边 皓)

欢迎投稿 欢迎订阅 欢迎刊登广告

《Journal of Interventional Medicine》

网址: www.keaipublishing.com/JIM

邮箱: j_intervent_med.@163.com