

其他消化系疾病

DOI: 10.13406/j.cnki.cyx.002236

30例自发性孤立性肠系膜上动脉夹层的血流动力学分析

王 成, 王 哲, 李凤贺, 赵 渝

(重庆医科大学附属第一医院血管外科, 重庆 400016)

【摘要】目的:通过对自发性孤立性肠系膜上动脉夹层(spontaneous isolated superior mesenteric artery dissection, SISMAD)腔内治疗和保守治疗前后血流动力学的分析,为2种治疗方法的有效性提供血流动力学依据。**方法:**回顾性分析2015年11月至2018年3月收治的I型、II型SISMAD患者30例,腔内治疗组12例,保守治疗组18例,以2组病例的计算机断层扫描血管造影(computed tomography angiography, CTA)图像数据为基础,应用计算流体力学(computational fluid dynamics, CFD)技术分析治疗前后的血流动力学变化。**结果:**2组病例均得到安全有效的治疗。血流动力学结果显示,入院时夹层段肠系膜上动脉(superior mesenteric artery, SMA)表现为低血流流速流量、高壁面压力、低壁面剪切力(wall shear stress, WSS),最低WSS区域出现在假腔内。腔内治疗术后SMA内血流恢复稳定,壁面压力降低、WSS升高至稳定;而保守治疗中,随着假腔血栓化及血栓吸收,真腔重塑,SMA内血流逐渐恢复稳定,壁面压力逐渐降低、WSS逐渐升高至稳定。**结论:**I型、II型SISMAD保守治疗中血流动力学可逐渐恢复至稳定,因此认为保守治疗作为I型、II型SISMAD的首选治疗方式是安全有效的。

【关键词】自发性孤立性肠系膜上动脉夹层;腔内治疗;保守治疗;血流动力学;计算流体力学

【中图分类号】R654.3

【文献标志码】A

【收稿日期】2019-03-11

Hemodynamic analysis of spontaneous isolated superior mesenteric artery dissection in 30 patients

Wang Cheng, Wang Zhe, Li Fenghe, Zhao Yu

(Department of Vascular Surgery, The First Affiliated Hospital of Chongqing Medical University)

【Abstract】Objective: To analyze the hemodynamics before and after endovascular and conservative treatment for spontaneous isolated superior mesenteric artery dissection(SISMAD), and to provide hemodynamic evidence for effectiveness of the two therapies. **Methods:** A retrospective analysis was performed on 30 patients with type I and type II SISMAD from November 2015 to March 2018. The patients were divided into endovascular treatment group(12 patients) and conservative treatment group(18 patients). Based on imaging data from computed tomography angiography, a computational fluid dynamics analysis was conducted to evaluate hemodynamic changes after treatment in the two groups of patients. **Results:** Both groups of patients received safe and effective treatment. Hemodynamic results showed low blood flow velocity, high wall pressure, and low wall shear stress(WSS) in the dissected segment of the superior mesenteric artery(SMA) on admission, with the lowest WSS in the false lumen. After endovascular treatment, blood flow in the SMA returned to a stable level, the wall pressure decreased, and the WSS increased to a stable state. During the conservative treatment, with false lumen thrombosed and absorbed, the true lumen was remodeled, blood flow in the SMA gradually returned to a stable level, the wall pressure gradually decreased, and the WSS gradually increased to a stable state. **Conclusion:** Hemodynamic parameters of type I and type II SISMAD can gradually return to a stable state after conservative treatment, and therefore, conservative treatment, as the preferred strategy for type I and type II SISMAD, is safe and effective.

【Key words】spontaneous isolated superior mesenteric artery dissection; endovascular treatment; conservative treatment; hemodynamics; computational fluid dynamics

作者简介:王 成, Email: 740127661@qq.com,

研究方向:动脉夹层性疾病及下肢静脉性疾病的研究和治疗。

通信作者:赵 渝, Email: zhao_yu_cqmu_1965@163.com。

基金项目:重庆市卫计委2017年医学科研计划资助项目(编号:2017ZDXM009)。

优先出版: <http://kns.cnki.net/kcms/detail/50.1046.R.20190708.1510.006.html>
(2019-07-09)

腔内治疗和保守治疗是自发性孤立性肠系膜上动脉夹层(spontaneous isolated superior mesenteric artery dissection, SISMAD)的2种主要治疗方法^[1]。腔内治疗通过植入支架隔绝假腔并重塑真腔,从而有效治疗SISMAD^[2]。保守治疗中计算机断层扫描血管造影(computed tomography angiography, CTA)随访可

观察到,狭窄的真腔可逐渐重塑最终恢复至正常^[3]。腔内治疗和保守治疗均是 SISMD 安全有效的治疗方法,但何种治疗方法应作为首选尚无可行的标准或指南^[4-5]。CTA 能够比较全面而准确地反映 SISMD 的病理学特点,但仍不能完全作为 SISMD 治疗策略选择和预后判断的依据^[6]。肠系膜上动脉(superior mesenteric artery, SMA)血流动力学的变化被认为与 SISMD 的发生有潜在的联系^[7],因此本探究通过对 SISMD 腔内治疗和保守治疗前后血流动力学变化的分析,旨在为 SISMD 腔内治疗和保守治疗的有效性提供血流动力学依据。

1 材料和方法

1.1 临床资料

从 2015 年 11 月至 2018 年 3 月重庆医科大学附属第一医院血管外科连续收治的 50 例 SISMD 患者中,排除 Yun 分型 III 型患者及无本院计算机断层扫描血管造影(computed tomography angiography, CTA, 64 排, SIEMENS Inc, 德国)明确诊断者,最终纳入具有本院完整 CTA 影像资料的 I 型、II 型患者共 30 例行回顾性分析。其中 12 例行腔内治疗,18 例行保守治疗。并对所有患者在入院后 1 周、1 个月、3 个月、6 个月及每年的临床随访资料进行分析。本研究通过了重庆医科大学附属第一医院伦理审查委员会的审查(2017-175)并获得所有患者的知情同意。

治疗方法:2 组病例的基本治疗方案为控制血压、禁食禁饮、肠道休息、营养支持等,患者症状缓解、胃肠功能恢复后可逐渐恢复饮食,血压需控制在正常范围内。住院期间所有病例均使用低分子肝素 4 000 U 皮下注射 q12 h 抗凝,口服阿司匹林 100 mg qd 或氯吡格雷 75 mg qd 抗血小板,口服西洛他唑 100 mg bid、贝前列素钠 40 ug tid 扩管治疗。腔内治疗组支架植入后需长期服用阿司匹林或氯吡格雷抗血小板预防支架内血栓形成,若无禁忌证需终身服用。保守治疗组院外治疗方案为:①阿司匹林 100 mg qd,利伐沙班 10 mg qd;②氯吡格雷 75 mg qd,利伐沙班 10 mg qd。治疗时间不少于 6 个月。

1.2 CTA 图像资料收集及计算流体力学 3D 模型建立

通过本院影像工作站下载所有病例的 CTA 图像资料,扫描层厚 1 mm,并以数字医学图像信息标准格式(digital imaging and communications in medicine, DICOM)保存。在专业的工作站内,将 CTA 图像数据导入医学图像处理软件 Mimics 19.0(Materialise Inc, 比利时)重建目标血管 3D 模型,运用 Mimics 自带软件 3-matic 11.0 对 3D 模型进行网格优化及光顺处理。

1.3 边界条件设定及数值求解计算

入口边界设为腹主动脉腹腔干下方水平,出口边界设为腹主动脉分叉上方水平。入口血流流速设定为 50 cm/s,入口压力设为 130 mmHg,出口压力设为 0 mmHg^[7-8]。应用高级有限元分析软件 ANSYS 15.0(美国 ANSYS 公司)中的 CFX 模块进行求解计算。血液性质视为不可压缩的牛顿液体,密度为 1.05 g/cm³,黏度为 0.0035 Pa/s^[9]。心动周期设为 0.8 s,求解结果在心动周期的 0.2 s 时取值输出^[10]。

1.4 统计学处理

使用统计软件 SPSS 22.0(IBM 公司,美国)对结果进行分析,计量资料以均数±标准差($\bar{x} \pm s$)或平均值(最小值,最大值)表示,使用 *t* 检验分析,计数资料以百分比表示,使用卡方检验分析。检验水准 $\alpha=0.05$ 。

2 结果

2.1 临床结果

2 组病例的性别组成、年龄、体质指数(body mass index, BMI)无统计学差异($P=0.07, 0.491, 0.861$),其合并疾病(如高血压、糖尿病、冠心病、高脂血症等)也无统计学差异($P=0.879, 0.17, 0.307, 0.86$)。腹痛为主要表现症状(腔内治疗组 91.7% vs. 保守治疗组 94.4%, $P=0.767$)。2 组平均住院时间无统计学差异(腔内治疗组 9.1 d vs. 保守治疗组 8.3 d, $P=0.611$),大部分患者症状缓解时间 <7 d, 2 组无统计学差异(腔内治疗组 75% vs. 保守治疗组 55.6%, $P=0.273$)。腔内治疗组中 I 型、II a 型、II b 型分别为 3 例(25%)、6 例(50%)、3 例(25%),而保守治疗组则分别为 8 例(44.4%)、7 例(38.9%)、3 例(16.7%), 2 组在病理分型上并无统计学差异($P=0.305$)。2 组入院时的平均残余真腔比例无统计学差异(腔内治疗组 39.44% vs. 保守治疗组 42.6%, $P=0.612$)。见表 1。

其中 17 例保守治疗患者入院后 6 个月的残余真腔比例(73.9%)较入院时(42.62%)明显增加(图 1),真腔通畅情况明显改善($P<0.01, t=12.01$)。入院后 6 个月有 16 例(94.1%)患者假腔内部分或完全血栓形成,较入院时的 7 例(41.2%)明显增加($P<0.01$)。无患者出现真腔闭塞。

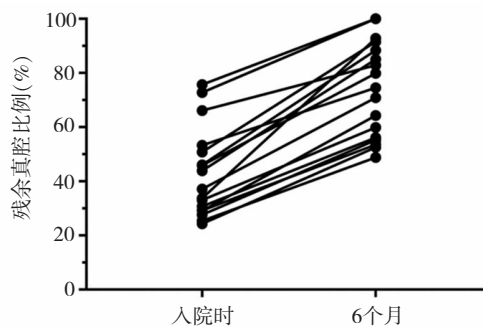


图1 保守治疗组残余真腔比例治疗前后比较

2.2 血流动力学结果

入院时 2 组夹层段 SMA 的血流动力学变化趋势一致,均表现为血流流速流量减少、壁面压力升高、壁面剪切力(wall shear stress, WSS)降低,最低 WSS 区域均出现在假腔内,其值远小于 1 Pa,近似为 0 Pa(表 2)。I 型夹层真假腔内均有血流通过,假腔内的壁面压力较真腔稍高,假腔内出现最低的 WSS。II a 型夹层假腔内无血流,真腔内血流流速流量减少,假腔内的壁面压力较真腔更高,假腔内出现最低的 WSS。II b 型夹层假腔完全血栓形成,真腔受压狭窄,血流流速流量减少,壁面压力升高, WSS 降低。

与入院时相比,腔内治疗支架植入后, SMA 得以重塑,其内血流流速流量恢复,壁面压力明显降低, WSS 明显升高(图 2)。而保守治疗组中, I 型、II a 型夹层随着假腔内血栓逐渐形成至完全吸收,假腔内血流逐渐减少至完全消失,假腔内壁面压力逐渐降低、WSS 逐渐升高,真腔内血流流速流量逐渐恢复至正常,壁面压力逐渐降低、WSS 逐渐升高至稳定(图 3)。II b 型夹层治疗中假腔内血栓逐渐吸收至完全消失,真腔内血流流速流量逐渐恢复至正常、壁面压力逐渐降低至稳定、WSS 逐渐升高至稳定(图 4)。

3 讨论

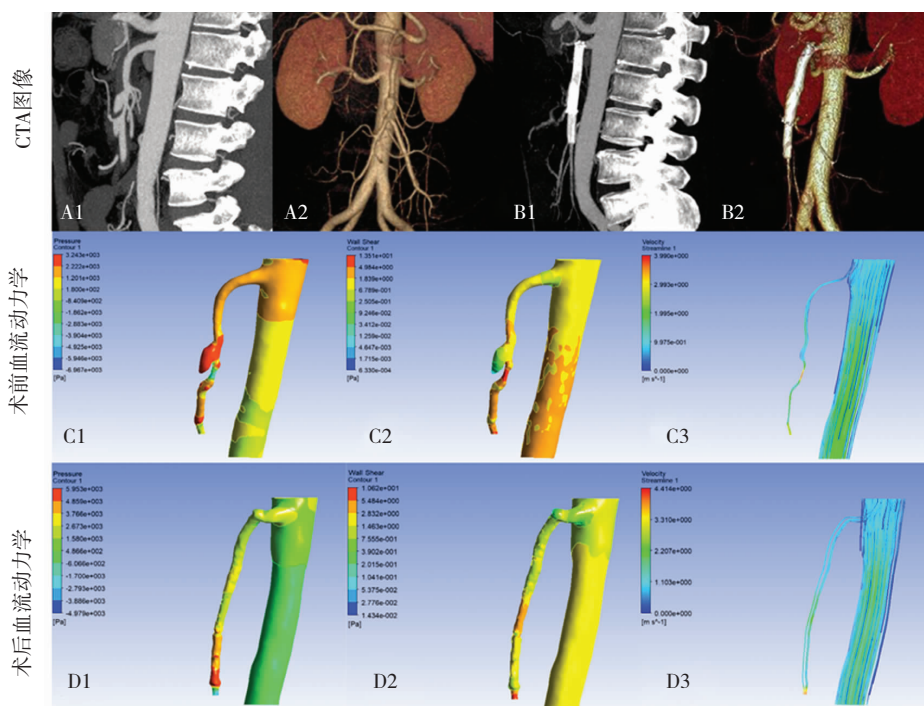
本研究中,2 组病例的人口统计学和病理特点均无统计学差异,平均住院时间、症状缓解时间也无统计学差异。18 例保守治疗患者中仅有 1 例(5.6%)在保守治疗 4 个月后因症状复发、影像学结果无明显变化而最终行腔内治疗,其余 17 例患者随访 6 个月时的残余真假比例与入院时相比有明显改善,无病例发生假腔破裂或 SMA 闭塞。保守治疗过程中, I 型、II 型 SISMD 存在疾病进一步发展而出现假腔破裂或 SMA 完全闭塞的潜在风险,为避免这样的风险,临床医师或许会倾向于选择腔内治疗,但 CTA 随访可明确观察到保守治疗中假腔内血栓逐渐形成至假腔完全消失而不发生破裂,真腔可逐渐重塑最终恢复正常直径大小,证明保守治疗是安全有效的^[3,11],但假腔内血栓形成、真腔重塑的具体机制尚不明确。

表 1 30 例患者的一般临床资料及病理特点

分组	合计 (n=30)	腔内治疗 (n=12)	保守治疗 (n=18)	P 值	统计量值
男性 (n, %)	27 (90.0)	12 (100.0)	15 (83.3)	0.070	3.285
年龄 (岁)	56.03 ± 8.25	57.33 ± 9.76	55.17 ± 7.24	0.491	0.699
BMI (kg/m ²)	23.63 ± 2.55	23.74 ± 2.35	23.56 ± 2.74	0.861	0.177
高血压 (n, %)	18 (60.0)	7 (58.3)	11 (61.1)	0.879	0.023
糖尿病 (n, %)	1 (3.3)	1 (8.3)	0 (0.0)	0.170	1.885
冠心病 (n, %)	1 (3.3)	0 (0.0)	1 (5.6)	0.307	1.045
高脂血症 (n, %)	7 (23.3)	3 (25.0)	4 (22.2)	0.860	0.031
主要症状 (腹痛) (n, %)	28 (93.3)	11 (91.7)	17 (94.4)	0.767	0.088
平均住院时间 (d)	8.6 (3, 19)	9.1 (6, 12)	8.3 (3, 19)	0.611	0.515
入院后症状缓解时间 <7 d (n, %)	19 (63.3)	9 (75.0)	10 (55.6)	0.273	1.203
平均随访时间 (月)	16.5 (6, 33)	16.3 (6, 32)	16.7 (6, 33)	0.921	0.100
症状复发 (n, %)	1 (3.3)	0 (0.0)	1 (5.6)	0.307	1.045
Yun 分型 (n, %)					
I 型	11 (36.7)	3 (25.0)	8 (44.4)	0.305	1.052
II a 型	13 (43.3)	6 (50.0)	7 (38.9)		
II b 型	6 (20.0)	3 (25.0)	3 (16.7)		
残余真腔比例 (%)	41.34 (0, 75.7)	39.44 (0, 66.5)	42.6 (24.3, 75.7)	0.612	0.514

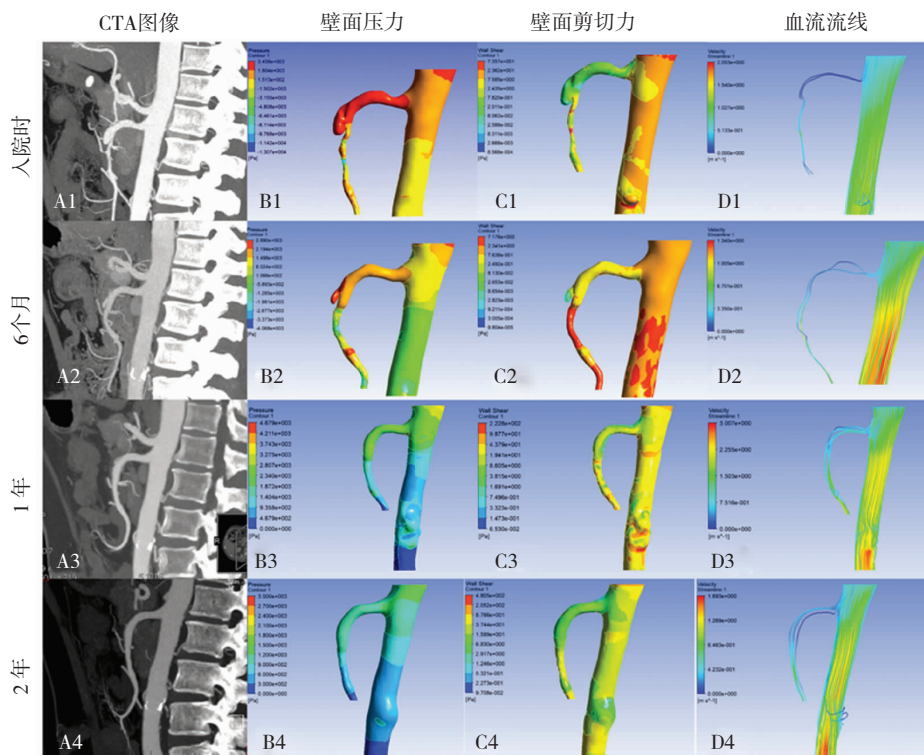
表 2 2 组病例入院时与治疗 6 个月最低 WSS 值的变化情况 (Pa)

	入院时			治疗后 6 个月		
	假腔最低 WSS	真腔最低 WSS	近端正常 SMA 最低 WSS	假腔最低 WSS	真腔最低 WSS	近端正常 SMA 最低 WSS
腔内治疗组	0.038(0.003, 0.15), n=9	0.59(0.12, 1.03), n=12	1.61(0.43, 2.76), n=12	—	1.84(0.94, 2.72), n=12	2.28(1.21, 3.62), n=12
保守治疗组	0.045(0.005, 0.26), n=15	0.57(0.25, 1.05), n=18	1.64(0.94, 2.54), n=18	0.29(0.05, 0.47), n=10	1.41(0.91, 2.11), n=17	2.36(1.29, 3.86), n=17



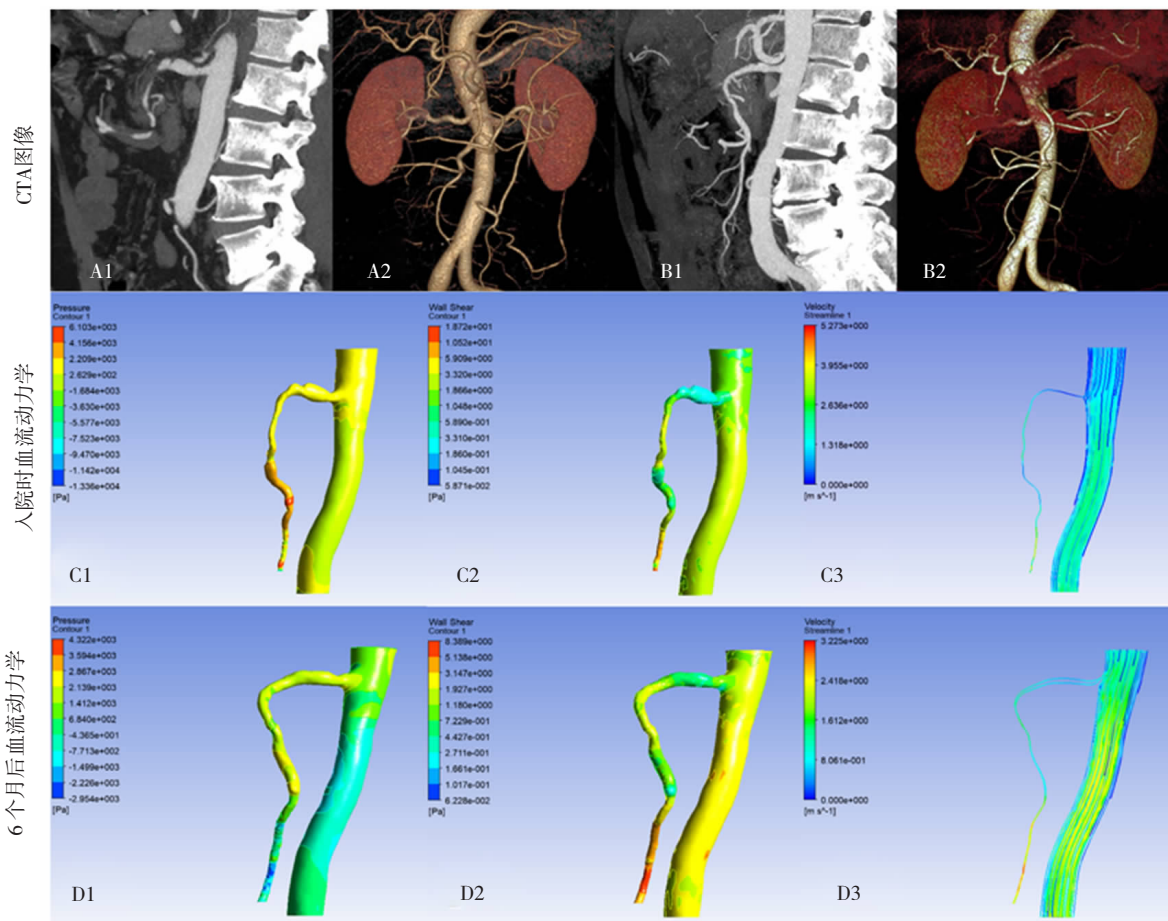
注:A1、A2 为术前 CTA 图像显示真腔狭窄明显;B1、B2 为术后 6 个月 CTA 图像显示支架内血流通畅;C1、C2、C3 为术前 SMA 内壁面压力升高、壁面剪切力(WSS)降低、血流流速流量降低,其中假腔具有最低的 WSS;D1、D2、D3 为术后 6 个月支架段 SMA 内的壁面压力降低、壁面剪切力(WSS)升高、血流流速流量恢复

图 2 II a 型夹层腔内治疗支架植入术前及术后 6 个月的 CTA 图像和血流动力学变化



注:A1、A2、A3、A4 为入院时及治疗后 6 个月、1 年、2 年的 CTA 图像显示假腔内血栓逐渐形成至吸收完全,真腔逐渐重塑、直径逐渐增加并维持通畅;B1、B2、B3、B4 为治疗后夹层段 SMA 内的壁面压力逐渐降低至稳定;C1、C2、C3、C4 为治疗后壁面剪切力(WSS)逐渐升高至稳定;D1、D2、D3、D4 为治疗后真腔内血流流速流量逐渐恢复

图 3 II a 型夹层保守治疗入院时及治疗后 6 个月、1 年、2 年后的 CTA 图像和血流动力学变化



注:A1、A2为入院时CTA图像显示假腔内完全血栓形成,真腔狭窄明显;B1、B2为治疗6个月后CTA图像显示假腔内血栓几乎完全吸收,真腔直径明显增加,血流通畅;C1、C2、C3为入院时真腔内壁面压力升高、壁面剪切力(WSS)降低、血流流速降低;D1、D2、D3为治疗6个月后SMA内的壁面压力降低、壁面剪切力(WSS)升高、血流流速流量明显改善

图4 IIb型夹层保守治疗入院时及治疗6个月后的CTA图像和血流动力学变化

进一步对2组患者血流动力学分析发现,入院时夹层段SMA的血流流速流量减少、壁面压力升高、WSS降低,最低WSS区域均出现在假腔内,其值远小于1 Pa,近似为0 Pa。在保守治疗的患者中,随着假腔内血栓逐渐形成至完全吸收,假腔最终消失,而真腔逐渐重塑至恢复正常直径,其内血流流速流量逐渐恢复正常,壁面压力逐渐降低至稳定,WSS逐渐升高至稳定,最低WSS值明显增加。

作为一种连续的、相互作用的过程,假腔内低血流流速、涡流的血流结构、低WSS的血流特征可诱导血小板激活。旋涡将血流分解成流状子结构释放出血小板,随后黏附到低WSS位置,导致血栓形成^[12]。同时假腔壁为非内皮化的管壁,可促进血小板附着,使WSS最低的假腔成为血栓容易形成的区

域,同时形成后的血栓反作用于血流,导致WSS进一步下降而加速血栓形成^[13-14]。在SISMAD保守治疗的过程中,由于侧支循环的存在,不易发生肠道缺血坏死。随着假腔血栓逐渐形成至逐渐被吸收完全,真腔受压程度逐渐降低,直径逐渐增加,SMA内的血流流速逐渐恢复。而壁面压力的逐渐减低不易导致血栓化的假腔发生破裂。同时,真腔内WSS逐渐升高,最低WSS值大于1 Pa,真腔壁为血管内皮,不会诱导血栓的形成,故不会出现真腔闭塞。而行腔内治疗后,因支架对真腔的重塑,SMA内的血流流速流量恢复稳定,壁面压力升高、WSS增高,最低WSS值大于1 Pa,但是由于植入支架,支架周围WSS降低,可能使支架内形成血栓^[15],患者需长期甚至终身服用抗凝/抗血小板药物预防支架内血

栓形成^[6],为患者带来较大的心理及经济压力。

4 结 论

2 组病例临床预后良好,表明腔内治疗与保守治疗均是 SISMD 安全有效的治疗方法。2 组病例入院时夹层段 SMA 的血流动力学变化相一致,均表现为低血流流速流量、高壁面压力、低 WSS。腔内治疗支架植入后可使 SMA 内血流恢复稳定而达到治疗目的。保守治疗中,随着假腔内血栓逐渐形成至血栓完全吸收,真腔逐渐重塑,真腔内血流逐渐恢复稳定,最终夹层愈合。据此,本研究认为对于 I 型、II 型夹层的 SISMD 患者,当 SMA 内血流未完全受限且无明显肠道缺血性改变时,保守治疗可考虑作为首选治疗方案,当保守治疗中突发症状加重、肠道缺血或影像学随访发现疾病进展时,腔内治疗或开放手术可作为补救措施。

参 考 文 献

- [1] Min SI, Yoon KC, Min SK, et al. Current strategy for the treatment of symptomatic spontaneous isolated dissection of superior mesenteric artery[J]. J Vasc Surg, 2011, 54(2): 461–466.
- [2] Chu SY, Hsu MY, Chen CM, et al. Endovascular repair of spontaneous isolated dissection of the superior mesenteric artery[J]. Clin Radiol, 2012, 67(1): 32–37.
- [3] Tomita K, Obara H, Sekimoto Y, et al. Evolution of computed tomographic characteristics of spontaneous isolated superior mesenteric artery dissection during conservative management[J]. Circ J, 2016, 80(6): 1452–1459.
- [4] Cho YP, Ko GY, Kim HK, et al. Conservative management of symptomatic spontaneous isolated dissection of the superior mesenteric artery[J]. Br J Surg, 2009, 96(7): 720–723.
- [5] Pang P, Jiang Z, Huang M, et al. Value of endovascular stent placement for symptomatic spontaneous isolated superior mesenteric artery dissection[J]. Eur J Radiol, 2013, 82(3): 490–496.
- [6] Heo SH, Kim YW, Woo SY, et al. Treatment strategy based on the natural course for patients with spontaneous isolated superior mesenteric artery dissection[J]. J Vasc Surg, 2017, 65(4): 1142–1151.
- [7] Park YJ, Park CW, Park KB, et al. Inference from clinical and fluid dynamic studies about underlying cause of spontaneous isolated superior mesenteric artery dissection[J]. J Vasc Surg, 2011, 53(1): 80–86.
- [8] Morris L, Delassus P, Grace P, et al. Effects of flat, parabolic and realistic steady flow inlet profiles on idealised and realistic stent graft fits through abdominal aortic aneurysms(AAA)[J]. Med Eng Phys, 2006, 28(1): 19–26.
- [9] Frauenfelder T, Boutsianis E, Schertler T, et al. Flow and wall shear stress in end-to-side and side-to-side anastomosis of venous coronary artery bypass grafts[J]. Biomed Eng Online, 2007, 6: 35.
- [10] Karmonik C, Bismuth J, Davies MG, et al. A computational fluid dynamics study pre- and post-stent graft placement in an acute type B aortic dissection[J]. Vasc Endovasc Surg, 2011, 45(2): 157–164.
- [11] Jia ZZ, Zhao JW, Tian F, et al. Initial and middle-term results of treatment for symptomatic spontaneous isolated dissection of superior mesenteric artery[J]. Eur J Vasc Endovasc Surg, 2013, 45(5): 502–508.
- [12] Raz S, Einav S, Alemu Y, et al. DPIV prediction of flow induced platelet activation—comparison to numerical predictions[J]. Ann Biomed Eng, 2007, 35(4): 493–504.
- [13] Di Martino ES, Bohra A, Vande Geest JP, et al. Biomechanical properties of ruptured versus electively repaired abdominal aortic aneurysm wall tissue[J]. J Vasc Surg, 2006, 43(3): 570–576.
- [14] Biasetti J, Hussain F, Gasser TC. Blood flow and coherent vortices in the normal and aneurysmatic aortas; a fluid dynamical approach to intra-luminal thrombus formation[J]. J R Soc Interface, 2011, 8(63): 1449–1461.
- [15] LaDisa JF Jr, Olson LE, Hettrick DA, et al. Axial stent strut angle influences wall shear stress after stent implantation; analysis using 3D computational fluid dynamics models of stent foreshortening[J]. Biomed Eng Online, 2005, 4: 59.
- [16] Gobble RM, Brill ER, Rockman CB, et al. Endovascular treatment of spontaneous dissections of the superior mesenteric artery[J]. J Vasc Surg, 2009, 50(6): 1326–1332.

(责任编辑:张辉洁)