



doi:10.7659/j.issn.1005-6947.250672
http://dx.doi.org/10.7659/j.issn.1005-6947.250672
China Journal of General Surgery, 2025, 34(12):2645-2653.

· 静脉疾病专题研究 ·

AngioJet 机械血栓清除术对急性髂股静脉深静脉血栓患者 血栓后综合征长期发生率的影响

汪仁涛, 何涛, 王笛乐, 奉海军, 张远浩

(湖北省武汉市中心医院 血管外科, 湖北 武汉 420000)

摘要

背景与目的: 血栓后综合征 (PTS) 是急性髂股静脉深静脉血栓形成 (DVT) 患者最重要的远期并发症之一。AngioJet 机械血栓清除术可实现快速血管再通, 但其对 PTS 长期发生风险的影响尚缺乏充分证据。本研究比较 AngioJet 机械血栓清除术与传统导管接触性溶栓 (CDT) 治疗急性髂股静脉 DVT 的长期疗效与安全性, 重点评估其对 PTS 发生率的影响。

方法: 回顾性纳入 2021 年 1 月—2023 年 6 月收治的急性髂股静脉 DVT 患者 100 例 (发病时间 \leq 14 d), 其中 52 例接受 AngioJet 机械血栓清除术 (AngioJet 组), 48 例接受 CDT 治疗 (对照组)。主要终点为随访 24 个月内 PTS 发生率 (Villalta 评分 \geq 5 或出现静脉性溃疡); 次要终点包括血管再通率、下肢周径差值、生活质量评分 (VEINES-QOL)、主要出血事件、血栓复发率及住院时间。采用 Kaplan-Meier 法比较 PTS 累积发生率, 并通过 Cox 比例风险模型分析 PTS 的影响因素。

结果: 两组基线特征差异无统计学意义 (均 $P>0.05$)。AngioJet 组即刻血管再通率显著高于对照组 (96.15% vs. 64.58%, $P<0.001$)。24 个月累积 PTS 发生率 AngioJet 组显著低于对照组 (11.54% vs. 37.50%, $P<0.05$)。AngioJet 组在 6、12、18 和 24 个月时的下肢周径差值均明显小于对照组, 且各随访时间点 VEINES-QOL 评分均显著更高 (均 $P<0.001$)。两组主要出血事件和血栓复发率差异无统计学意义 (均 $P>0.05$), 但 AngioJet 组住院时间明显缩短 ($P<0.05$)。多因素 Cox 分析显示, AngioJet 治疗 ($HR=0.31$, $P=0.003$) 和 BMI <25 kg/m² ($HR=0.38$, $P=0.012$) 为 PTS 发生的独立保护因素, 而血栓累及静脉段数为独立危险因素 ($HR=2.78$, $P=0.005$)。

结论: AngioJet 机械血栓清除术可显著降低急性髂股静脉 DVT 患者 PTS 的长期发生风险, 改善患者肢体功能和生活质量, 且安全性良好。血栓范围及体质量是影响 PTS 预后的重要因素。

关键词

静脉血栓形成; 下肢; 血栓切除术; 血栓后综合征

中图分类号: R654.3

Impact of AngioJet mechanical thrombectomy on the long-term incidence of post-thrombotic syndrome in patients with acute iliofemoral deep vein thrombosis

WANG Rentao, HE Tao, WANG Dile, FENG Haijun, ZHANG Yuanhao

(Department of Vascular Surgery, the Central Hospital of Wuhan, Wuhan 420000, China)

收稿日期: 2025-11-27; 修订日期: 2025-12-15。

作者简介: 汪仁涛, 湖北省武汉市中心医院住院医师, 主要从事血管外科方面的研究。

通信作者: 何涛, Email: 13507186847@163.com

Abstract

Background and Aims: Post-thrombotic syndrome (PTS) is a major long-term complication in patients with acute iliofemoral deep vein thrombosis (DVT). Although AngioJet mechanical thrombectomy provides rapid venous recanalization, its long-term impact on PTS remains unclear. This study aimed to compare the long-term efficacy and safety of AngioJet mechanical thrombectomy versus catheter-directed thrombolysis (CDT) in patients with acute iliofemoral DVT, with particular focus on the incidence of PTS.

Methods: A total of 100 patients with acute iliofemoral DVT (symptom onset ≤ 14 days) treated between January 2021 and June 2023 were retrospectively analyzed. Fifty-two patients underwent AngioJet mechanical thrombectomy (AngioJet group), and 48 received CDT (control group). The primary endpoint was the incidence of PTS within 24 months, defined as a Villalta score ≥ 5 or venous ulceration. Secondary endpoints included venous patency rate, calf circumference difference, quality of life assessed by the VEINES-QOL questionnaire, major bleeding events, recurrent thrombosis, and length of hospital stay. Kaplan-Meier analysis and Cox proportional hazards models were used for statistical analysis.

Results: Baseline characteristics were comparable between groups (all $P > 0.025$). The immediate venous recanalization rate was significantly higher in the AngioJet group than in the CDT group (96.15% vs. 64.58%, $P < 0.001$). At 24 months, the cumulative incidence of PTS was significantly lower in the AngioJet group (11.54% vs. 37.50%, $P < 0.05$). The AngioJet group demonstrated significantly smaller calf circumference differences and higher VEINES-QOL scores at all follow-up time points (all $P < 0.001$). No significant differences were observed in major bleeding or recurrent thrombosis (both $P > 0.05$), while hospital stay was significantly shorter in the AngioJet group ($P < 0.05$). No significant differences were observed in major bleeding or recurrent thrombosis (both $P > 0.05$). Multivariate Cox analysis identified AngioJet treatment ($HR = 0.31$, $P = 0.003$) and BMI < 25 kg/m² ($HR = 0.38$, $P = 0.012$) as independent protective factors against PTS, whereas the number of involved venous segments was an independent risk factor ($HR = 2.78$, $P = 0.005$).

Conclusion: AngioJet mechanical thrombectomy significantly reduces the long-term incidence of PTS and improves limb function and quality of life in patients with acute iliofemoral DVT, with an acceptable safety profile. Thrombus extent and body mass index are important determinants of long-term prognosis.

Key words

Venous Thrombosis; Lower Extremity; Thrombectomy; Post-thrombotic Syndrome

CLC number: R654.3

深静脉血栓形成 (deep vein thrombosis, DVT) 是血管外科常见的血栓栓塞性疾病, 其中髂股静脉 DVT 因血栓负荷大、血管口径宽而具有高度临床危害性, 不仅可引发急性肺栓塞危及生命, 更严重的长期后遗症是血栓后综合征 (post-thrombotic syndrome, PTS) 的发生^[1-3]。PTS 主要表现为 DVT 后深静脉瓣膜破坏、静脉回流障碍、远端静脉高压而导致的一系列慢性症状和体征, 发生率达 30%~50%, 表现为患肢肿胀、疼痛、皮炎及静脉性溃疡等症状, 显著影响患者生活质量, 给卫生系统造成重大经济负担^[4-5]。

传统导管接触性溶栓 (catheter-directed

thrombolysis, CDT) 治疗虽能防止血栓进展, 但存在再通率低、时间长, 难以有效恢复血管通畅度和静脉瓣膜功能等风险, 是导致 PTS 发生率高的主要原因^[6-7]。近年来机械血栓清除技术的发展为髂股静脉 DVT 的治疗提供了新的治疗选择。AngioJet 导管作为一种高效的机械血栓清除装置, 通过文丘里效应 (Venturi effect) 产生的负压快速吸取血栓, 具有保留血管内膜、快速恢复血流、减少血栓复发的优势^[8]。既往研究^[9-11]主要聚焦于 AngioJet 治疗的即刻疗效评价, 表明该技术可显著提高血管再通率, 但这些研究普遍存在样本量小、随访时间短、缺乏对照组等方法学局限。更为关键的

是,关于AngioJet对PTS长期累积发生率的影响、不同治疗方式的安全性比较,以及影响预后的独立危险因素等核心临床问题,目前仍缺乏系统的高质量对照研究证据。现有文献对于哪些患者更适合采用AngioJet治疗、如何早期识别PTS高危人群,以及如何优化个体化治疗策略等问题尚未达成共识,这限制了该技术在临床实践中的合理应用和推广。

为填补上述证据空白,本研究采用回顾性对照设计,纳入较大样本量并进行长期随访(中位随访时间>24个月),比较AngioJet机械血栓清除术与传统CDT治疗急性髂股静脉DVT的长期疗效与安全性,重点评价PTS累积发生率这一关键临床终点。旨在为临床医师提供循证医学依据,指导治疗方案选择,实现精准化、个体化治疗,最终改善髂股静脉DVT患者的长期预后和生活质量。

1 资料与方法

1.1 研究对象

回顾性分析2021年1月—2023年6月于湖北省武汉市中心医院血管外科住院的急性髂股静脉DVT患者100例,其中52例采用AngioJet机械血栓清除术治疗(AngioJet组),48例采用传统CDT治疗(对照组)。纳入标准:(1)年龄18~80岁;(2)发病时间≤14 d,经彩色多普勒超声和CT静脉造影(CT venography, CTV)确诊的急性髂股静脉DVT;(3)Villalta评分≤4。排除标准:(1)慢性血栓患者;(2)恶性肿瘤晚期;(3)严重心肺功能不全;(4)出血性疾病;(5)妊娠患者。本研究经医院伦理委员会批准(批准号:WHZKYL2025-222)。

1.2 方法

1.2.1 诊断方法 采用彩色多普勒超声(飞利浦iU22彩超,飞利浦公司,荷兰)和CTV(GE Revolution CT,美国通用电气公司)确诊DVT,测量血栓范围和静脉管径。血栓累及静脉段数定义:根据血栓在静脉系统的分布,将髂静脉(包括髂总静脉和髂外静脉)、股静脉(股总静脉和股浅静脉)分别计为1个静脉段。本研究纳入的患者血栓主体位于髂股静脉段,但部分患者血栓可向远端延伸至股腘静脉交界处或腘静脉近段。因此,在Cox回归分析中,血栓累及静脉段数包括:单纯髂静脉(1段)、髂静脉+股静脉(2段)、髂静脉+股

静脉+腘静脉近段(≥3段)。累及≥3个静脉段定义为广泛多段血栓。需要说明的是,本研究排除了血栓主体位于腘静脉及以远段的患者,纳入分析的腘静脉血栓仅为髂股静脉血栓向远端的连续性延伸部分

1.2.2 手术方法 (1)下腔静脉滤器策略:所有患者术前均预防性置入下腔静脉滤器(Cook Celect滤器,库克医疗,美国),所有滤器均在血栓清除满意、抗凝治疗稳定后2周内取出,无滤器相关并发症发生。(2)AngioJet组手术操作:采用AngioJet Zelante导管(波士顿科学公司,美国)行机械血栓清除术。手术入路:所有患者均采用同侧股静脉穿刺入路(顺行入路),而非对侧股静脉“翻山”入路或经颈静脉入路。在X射线荧光引导下(Siemens AXIOM Artis,德国西门子公司),采用改良Seldinger技术于患侧股静脉远端(腹股沟韧带下方2~3 cm处)穿刺,置入7 F血管鞘。经鞘管送入0.035"导丝,导丝进入血栓部位,沿导丝送入AngioJet Zelante导管至血栓近端,激活AngioJet导管(功率设置:脉冲喷射模式,脉冲速率6次/s)吸取血栓,由近端向远端逐段清除,重复操作直至造影显示静脉血流恢复,残余狭窄<30%。对于合并髂静脉狭窄(残余狭窄≥50%)者,予以球囊扩张(12~14 mm×40 mm球囊)或支架置入(12~14 mm×60~100 mm自膨式支架)。术后直接予规范化抗凝治疗。(3)对照组手术操作:采用同侧股静脉穿刺入路(顺行入路),穿刺方法同AngioJet组,在透视下将多侧孔溶栓导管(UniFuse导管,AngioDynamics公司,美国)头端精确置于血栓的远端和近端之间,溶栓导管侧孔覆盖整个血栓范围,使用rt-PA(阿替普酶,基因泰克公司,美国)进行CDT,具体方案如下:初始速率:0.5 mg/h,总剂量:不超过20 mg,治疗时间:连续72 h。复查频率:每24 h进行1次CTV或数字减影血管造影,根据血栓溶解程度调整rt-PA的输入速率或改变导管位置,以获得最佳的溶栓效果。溶栓终点:血栓溶解至血管通畅、残余狭窄<30%,或72 h溶栓时间完成。对于合并髂静脉狭窄(残余狭窄≥50%)者,溶栓后予以球囊扩张或支架置入。溶栓达到满意程度后,撤除溶栓导管,进行规范化抗凝治疗。

1.2.3 术后抗凝及压力治疗 (1)抗凝方案:所有患者接受低分子肝素(赛诺菲公司,国药准字HJ20170269,0.4 mL:4 000 AXaIU)1~2次/d,皮

下注射，持续至术后7~10 d。出院后直接口服利伐沙班（拜尔制药，国药准字HJ20181082）15 mg，2次/d，21 d后转为20 mg/d，疗程至少3个月，部分高危患者延长至6~12个月。(2) 压力治疗：所有患者术后即刻（血流动力学稳定、无活动性出血后）开始规范化弹力袜压力治疗。具体方案如下：弹力袜规格：采用医用二级压力梯度弹力袜（迈迪医疗，型号：大腿长度弹力袜），压力等级为踝部30~40 mmHg（1 mmHg=0.133 kPa）、小腿20~30 mmHg、大腿15~20 mmHg。穿戴时间：要求患者每天穿戴时间≥8 h（日间穿戴，夜间可脱离），持续穿戴至少24个月。依从性监测：通过门诊随访和电话随访记录患者弹力袜穿戴依从性。依从性定义为实际穿戴天数/应穿戴天数≥80%。依从性结果：AngioJet组和对照组患者24个月弹力袜穿戴依从性分别为88.46%（46/52）和87.50%（42/48），两组比较差异无统计学意义（ $\chi^2=0.024$ ， $P=0.877$ ）。两组患者均接受相同的抗凝和压力治疗方案，确保了组间的可比性。

1.2.4 病情评估 采用Villalta评分评估血栓后症状严重程度，评分≥5或出现静脉性溃疡即判定为PTS，采用生活质量评分（VEINES-QOL量表）评估生活质量（总分0~100，分数越高生活质量越好），测量患肢和健肢小腿周径。安全性指标包括主要出血事件（定义为需要输血≥2个单位红细胞、危及生命或发生在关键部位的出血）和血栓复发。

1.3 观察指标

主要终点为PTS发生率（Villalta评分≥5或静

脉性溃疡）；次要终点包括手术操作成功率（定义为导管成功置入目标血管并完成预定操作流程，无严重技术性并发症导致手术中止）、血管再通率（定义为彩色多普勒超声或CTV显示血栓清除术后静脉血管内血流恢复，无明显狭窄或闭塞）、下肢功能评估（下肢周径差值）（定义为患肢与健肢小腿髌骨下缘15 cm处周径最大差值）、VEINES-QOL量表总分、主要出血事件（定义为需要输血≥2个单位红细胞、危及生命或发生在关键部位的出血）及血栓复发率（定义为随访期间患肢或对侧肢体新发DVT经影像学确诊）。随访时间点为术后7 d与术后1、3、6、12、18、24个月。

1.4 统计学处理

采用SPSS 26.0分析。计量资料用均数±标准差（ $\bar{x} \pm s$ ）表示，采用 t 检验；计数资料用例数（百分比） $[n(\%)]$ 表示，采用 χ^2 检验。采用Log-rank检验比较生存曲线差异。采用Cox比例风险回归模型分析PTS发生的独立危险因素。 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 基线特征

AngioJet组与对照组患者在性别、年龄、体质指数（body mass index, BMI）、发病时间、血栓范围、吸烟史及高危因素方面差异均无统计学意义（均 $P>0.05$ ），组间基线特征均衡可比（表1）。

表1 两组患者基线特征比较

Table 1 Baseline characteristics of patients in the two groups

资料	AngioJet组(n=52)	对照组(n=48)	t/χ^2	P
年龄(岁, $\bar{x} \pm s$)	54.32±12.45	55.78±13.21	-0.569	0.571
性别[n(%)]				
男	31(59.62)	27(56.25)	0.116	0.733
女	21(40.38)	21(43.75)		
BMI(kg/m ² , $\bar{x} \pm s$)	25.47±3.21	25.89±3.45	-0.631	0.530
发病时间(d, $\bar{x} \pm s$)	7.82±2.15	8.21±2.48	-0.842	0.402
血栓仅累及髂静脉[n(%)]	12(23.08)	10(20.83)	0.073	0.787
吸烟史[n(%)]	22(42.31)	19(39.58)	0.077	0.782
高血压[n(%)]	18(34.62)	16(33.33)	0.018	0.892
糖尿病[n(%)]	12(23.08)	11(22.92)	0.000	0.985

2.2 技术成功率与血管再通率

AngioJet组与对照组技术成功率均为100%。治

疗后即刻血管再通率AngioJet组明显高于对照组，差异有统计学意义（ $P<0.001$ ）（表2）。

表 2 两组血管再通率比较[n (%)]

Table 2 Comparison of venous recanalization rates between the two groups [n (%)]

组别	即刻血管再通	完全再通	部分再通	未再通
AngioJet 组 (n=52)	50(96.15)	48(92.31)	2(3.85)	2(3.85)
对照组(n=48)	31(64.58)	28(58.33)	3(6.25)	17(35.42)
χ^2	16.165	15.795	0.008	—
P	<0.001	<0.001	0.927	—

注:即刻血管再通率定义为完全再通和部分再通的总和

Note: Immediate venous recanalization was defined as the sum of complete and partial recanalization

2.3 PTS 发生率

平均随访时间为 (22.8 ± 6.5) 个月。Kaplan-Meier 分析显示, AngioJet 组 24 个月累积 PTS 发生率明显低于对照组, 差异有统计学意义 (P < 0.05) (图 1)。

2.4 下肢周径变化

两组患者术后的下肢周径差值均随时间延长而逐渐减小, 但 AngioJet 组患者干预后 6、12、18、24 个月各时间点的下肢周径差值均明显小于对照组 (均 P < 0.05) (表 3)。

2.5 生活质量评分

两组患者术后 VEINES-QOL 评分均随时间延长而逐渐增加, 但 AngioJet 组的评分在各随访时点均明显高于对照组 (均 P < 0.05) (表 4)。

2.6 不良事件与住院时间

AngioJet 组主要出血事件发生率和血栓复发率

与对照组比较差异无统计学意义 (均 P > 0.05)。AngioJet 组住院时间明显短于对照组 (P < 0.001) (表 5)。

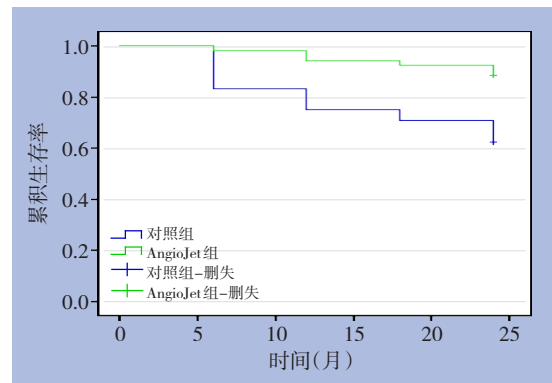


图 1 两组患者 PTS 发生率 Kaplan-Meier 分析

Figure 1 Kaplan-Meier Analysis of the incidence of PTS in the two groups

表 3 两组下肢周径变化比较 (cm, $\bar{x} \pm s$)

Table 3 Comparison of changes in lower limb circumference between the two groups (cm, $\bar{x} \pm s$)

组别	术后时间			
	6 个月	12 个月	18 个月	24 个月
AngioJet 组 (n=52)	1.18 ± 0.32	0.85 ± 0.21	0.71 ± 0.23	0.58 ± 0.15
对照组 (n=48)	2.21 ± 0.63	1.89 ± 0.62	1.75 ± 0.51	1.52 ± 0.50
t	-10.425	-11.412	-13.315	-12.945
P	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

表 4 两组生活质量评分比较 ($\bar{x} \pm s$)

Table 4 Comparison of quality of life scores between the two groups ($\bar{x} \pm s$)

组别	术后时间					
	7 d	1 个月	3 个月	6 个月	12 个月	24 个月
AngioJet 组 (n=52)	48.32 ± 8.15	62.45 ± 9.27	75.28 ± 8.43	82.15 ± 7.21	86.27 ± 6.45	88.34 ± 5.87
对照组 (n=48)	42.18 ± 7.92	51.32 ± 10.14	62.14 ± 9.56	68.39 ± 8.87	72.56 ± 8.92	75.32 ± 8.65
t	3.815	5.734	7.303	8.541	8.857	8.867
P	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

表5 两组不良事件与住院时间比较

Table 5 Comparison of adverse events and length of hospital stay between the two groups

组别	主要出血[n(%)]	血栓复发[n(%)]	住院时间(d)
AngioJet组(n=52)	3(5.77)	2(3.85)	8.3±2.1
对照组(n=48)	3(6.25)	2(4.17)	12.6±3.4
χ^2/t	0.103	0.184	-7.673
<i>P</i>	0.749	0.668	<0.001

2.7 PTS的危险因素分析

以24个月PTS发生作为因变量,将单因素分析中的变量纳入Cox比例风险回归模型进行多因素分析。Cox多因素分析显示,AngioJet治疗($HR=0.31$, 95% $CI=0.14\sim0.69$, $P=0.003$)、 $BMI<25\text{ kg/m}^2$ ($HR=0.38$, 95% $CI=0.17\sim0.85$, $P=0.012$)为PTS发生的独立保护因素,血栓累及静脉段数($HR=2.78$, 95% $CI=1.28\sim6.04$, $P=0.005$)为PTS发生的独立危险因素(表6-7)。

表6 单因素Cox回归分析

Table 6 Univariate Cox proportional hazards regression analysis

变量	分类	HR(95% CI)	<i>P</i>
AngioJet治疗	是 vs. 否	0.35(0.17~0.72)	0.005
$BMI<25\text{ kg/m}^2$	是=1, 否=0	0.42(0.19~0.90)	0.027
血栓累及静脉段数	≥ 3 段 vs. <3 段	2.85(1.35~6.01)	0.007
年龄	≥ 60 岁 vs. <60 岁	1.92(0.94~3.91)	0.041
吸烟史	有 vs. 无	1.56(0.75~3.25)	0.231
性别	男 vs. 女	1.15(0.50~2.65)	0.755
高血压	有 vs. 无	0.92(0.39~2.19)	0.852
糖尿病	有 vs. 无	0.85(0.32~2.27)	0.753

表7 多因素Cox回归分析

Table 7 Multivariate Cox proportional hazards regression analysis

变量	HR(95% CI)	<i>P</i>
AngioJet治疗	0.31(0.14~0.69)	0.003
血栓累及静脉段数(≥ 3 段 vs. <3 段)	2.78(1.28~6.04)	0.005
$BMI(<25\text{ kg/m}^2\text{ vs. } \geq 25\text{ kg/m}^2)$	0.38(0.17~0.85)	0.012
年龄(≥ 60 岁 vs. <60 岁)	1.65(0.78~3.49)	0.189
吸烟史	1.18(0.51~2.74)	0.698

3 讨论

本研究结果显示AngioJet组的技术成功率达到100%,即刻血管再通率(96.15%)显著高于对照组(64.58%),两组差异具有统计学意义($P<0.001$)。

Li等^[12]对12项研究的Meta分析称,AngioJet的再通率为80%~95%,本研究结果属于优异水平。本研究的优异表现可能归因于严格的患者选择标准(Villalta评分 ≤ 4 ,排除慢性血栓及其他并发症)确保了理想的血管解剖条件和血栓性质^[13];其次,术者积累了丰富的AngioJet操作经验,使吸吮压力和操作频率优化,从而提高了血栓清除效率和完全再通率^[14];再次,采用实时X线荧光引导的精准操作和严格的吸栓满意标准(残余狭窄 $<30\%$),减少了血栓残留和术后血栓复发的风险^[15]。这些因素的组合作用使本研究达到了国际先进水平的技术性能^[16-17],为后续的临床获益奠定了坚实基础。最后,本研究所有患者均采用同侧股静脉穿刺的顺行入路。这一选择基于以下考虑:首先,顺行入路符合血流方向,操作更加自然,导管通过性好;其次,可以直接评估股静脉血栓情况,便于判断穿刺点的选择;第三,避免了经对侧股静脉“翻山”入路可能导致的髂静脉瓣膜损伤和操作困难。虽然经颈静脉入路在某些复杂病例中有其优势,但对于急性髂股静脉血栓,同侧股静脉顺行入路技术成熟、成功率高,是目前主流的手术路径。

本研究最重要的发现是24个月PTS累积发生率的显著差异,该结果为AngioJet治疗急性髂股静脉DVT的长期疗效提供了新的临床证据。目前,关于AngioJet机械血栓清除术长期(≥ 24 个月)预防PTS效果的报告极为稀缺。虽然短期研究(6~12个月)已证实AngioJet的有效性,但长期数据的缺失限制了对该技术真实临床价值的认识。依据Chan等^[15]的报道,ClotTriever系统(另一种吸引式清除装置)12个月PTS发生率约30%~35%,而本研究AngioJet组同期仅5.77%,提示不同机械清除平台的疗效差异可能存在。这种模式的深层意义在于反映了瓣膜功能损伤与修复的复杂生物学过程。在早期(0~6个月),两组PTS发生速率差异

最大(绝对差异14.75%),这源于AngioJet立即建立的完全血管通畅所提供的最优血流动力学环境。完全再通直接降低了患肢静脉压力,迅速减轻了微血管滤出,缓解了肿胀和疼痛^[18-19];同时,恢复的顺向血流立即改善了瓣膜的负荷条件,为其内皮功能的修复创造了有利环境^[20]。相比之下,对照组患者在6个月时PTS发生率已达16.67%,反映了传统CDT治疗虽能防止血栓进展,但清除不彻底导致的持续血流障碍^[21]。这一阶段的血栓残留、侧支循环形成不完全、静脉高压的持续存在都加速了瓣膜破坏^[22]。

AngioJet组术后6、12、18、24个月的周径差值均显著小于对照组,周径改善反映的是深层血流动力学改善,完全再通使静脉回流压力下降,患肢静脉压恢复接近正常,微血管滤出减少,肿胀缓解^[23-24]。这一过程与瓣膜功能恢复密切相关,完全再通为瓣膜功能恢复创造了最佳的血流动力学环境^[25]。长期周径差缩小提示患者肢体功能全面改善和继发性损害风险降低。

AngioJet组VEINES-QOL评分在术后7d至术后24个月各随访时间点均显著高于对照组,这既反映了患者早期血管再通的即刻症状缓解,又体现了患者能维持更好的肢体功能状态和更低的症状负担。生活质量改善与PTS发生率降低、周径改善形成了完整的逻辑链条,充分体现了AngioJet治疗的综合效益,转化为更好的医疗依从性和社会功能^[17,26]。

AngioJet组主要出血事件发生率与血栓复发率均无明显差异,这表明AngioJet机械血栓清除的安全性与传统CDT治疗相当,且血栓复发率可能更低,可能与更完全的血管再通和更优的血流动力学相关。

Cox多因素分析显示AngioJet治疗为最强保护因素($HR=0.31$),验证了机械血栓清除术的核心作用,这有力地支持了AngioJet在急性髂股静脉DVT治疗中的优先级,至少对于高负荷血栓患者应成为一线治疗策略。血栓范围为重要危险因素($HR=2.78$),提示血栓负荷越大PTS风险越高。本研究引入“静脉段数”的分类概念—将髂静脉、股静脉、腘静脉等分别计数,以段数表示血栓的涉及范围。这种做法更符合临床实践,医生在阅片时能够直观地判断血栓涉及几个静脉区段,且临床医生提供了一个简洁、可用的风险评估工

具—对于血栓范围 ≥ 3 个静脉段的患者(即髂静脉+股静脉+腘静脉),其PTS风险相对于血栓局限于单个静脉段的患者增加约178%[(2.78-1) × 100%=178%]。这一发现提示,对于多段血栓患者应该优先选择AngioJet等高效机械清除技术,而非单纯依赖抗凝治疗。BMI $< 25 \text{ kg/m}^2$ 被识别为独立保护因素($HR=0.38$),提示维持正常体质量对预防PTS重要。超重和肥胖增加下肢静脉压力,伴随代谢异常和炎症升高,加重PTS进展^[27-28]。这一发现提示即便接受有效血栓清除治疗,体质量管理 and 生活方式干预仍是改善预后的重要补充。AngioJet组住院时间显著短于对照组,体现了治疗效率提高和医疗成本降低的优势。

综合而言,本研究通过24个月的长随访证实了AngioJet机械血栓清除术通过维持血管通畅、降低PTS的显著效果,为急性髂股静脉DVT的个体化治疗提供了重要循证医学证据。同时引入“血栓累及静脉段数”作为血栓负荷的分类指标,相比传统的“血栓范围”更加临床实用,并明确量化了其对于PTS的风险影响。

作者贡献声明:汪仁涛负责收集数据、录入数据撰写文章;何涛负责审核文章;王笛乐负责收集相关文献、修改文章;秦海军负责分析数据、搜索文献;张远浩负责修改文章。

利益冲突:所有作者均声明不存在利益冲突。

参考文献

- [1] 张英兰,张波,康菲.预见性护理干预在预防外科术后下肢深静脉血栓中的应用效果[J].血栓与止血学,2022,28(3):524-525. doi:10.3969/j.issn.1009-6213.2022.03.075.
Zhang YL, Zhang B, Kang F. Application Effect of Predictive Nursing Intervention in the Prevention of Lower Extremity Deep Venous Thrombosis after Surgery[J]. Chinese Journal of Thrombosis and Hemostasis, 2022, 28(3):524-525. doi: 10.3969/j.issn.1009-6213.2022.03.075.
- [2] Brown C, Tokessy L, Delluc A, et al. Risk of developing post thrombotic syndrome after deep vein thrombosis with different anticoagulant regimens: a systematic review and pooled analysis[J]. Thromb Res, 2024, 240: 109057. doi: 10.1016/j.thromres.2024.109057.
- [3] Thieme D, Linnemann B, Mühlberg K, et al. Compression therapy

- in acute deep venous thrombosis of the lower limb and for the prevention of post-thrombotic syndrome: a review based on a structured literature search[J]. *Deutsches Ärzteblatt Int*, 2024, 121(6):188-194. doi: 10.3238/arztebl.m2024.0001.
- [4] 王磊, 陈宁恒, 吴世勇, 等. 下肢深静脉血栓后综合征的危险因素分析[J]. *中华普通外科杂志*, 2023, 38(12):920-925. doi:10.3760/cma.j.cn113855-20221123-00730.
- Wang L, Chen NH, Wu SY, et al. Risk factors of post-deep venous thrombosis syndrome in the lower extremities[J]. *Chinese Journal of General Surgery*, 2023, 38(12): 920-925. doi: 10.3760/cma.j.cn113855-20221123-00730.
- [5] Wolf S, Barco S, Di Nisio M, et al. Epidemiology of deep vein thrombosis[J]. *Vasa*, 2024, 53(5):298-307. doi:10.1024/0301-1526/a001145.
- [6] 马景滔, 黄勃, 张焯, 等. 下肢不同部位深静脉血栓抗凝疗程的研究新进展[J]. *中国全科医学*, 2025, 28(29): 3721-3728. doi: 10.12114/j.issn.1007-9572.2024.0472.
- Ma JT, Huang J, Zhang Y, et al. Research Progress on Anticoagulant Therapy for Deep Vein Thrombosis in Different Parts of the Lower Extremity[J]. *Chinese General Practice*, 2025, 28(29):3721-3728. doi:10.12114/j.issn.1007-9572.2024.0472.
- [7] Lui B, Wee B, Khattak Z, et al. A 10-year review of iliofemoral deep vein thrombosis-are they more dangerous than their distal counterparts? [J]. *J Thromb Thrombolysis*, 2025. doi: 10.1007/s11239-025-03170-7. [Online ahead of print]
- [8] 刘永刚, 苑德林, 王超, 等. AngioJet机械血栓清除术治疗下肢急性深静脉血栓的疗效与安全性研究[J]. *生命科学仪器*, 2025, 23(4):36-38. doi:10.11967/2025230813.
- Liu YG, Yuan DL, Wang C, et al. Efficacy And Safety of AngioJet Mechanical Thrombectomy in the Treatment of Acute Deep Venous Thrombosis of Lower Limbs[J]. *Life Science Instruments*, 2025, 23(4):36-38. doi:10.11967/2025230813.
- [9] 宋家明, 孙健铭, 潘江皓, 等. AngioJet流变式机械血栓清除联合导管接触性溶栓对急性下肢深静脉血栓的疗效及影响因素分析[J]. *局解手术学杂志*, 2023, 32(10): 894-897. doi: 10.11659/jjssx.11E022121.
- Song JM, Sun JM, Pan JH, et al. Efficacy and influencing factors of AngioJet rheolytic thrombectomy combined with catheter-directed thrombolysis for acute deep venous thrombosis of lower extremity[J]. *Journal of Regional Anatomy and Operative Surgery*, 2023, 32(10):894-897. doi:10.11659/jjssx.11E022121.
- [10] 牛鹿原, 张欢, 冯亚平, 等. Angiojet血栓清除装置在透析通路血栓形成中的应用[J]. *中华普通外科杂志*, 2022, 37(4):271-274. doi:10.3760/cma.j.cn113855-20211115-00659.
- Niu LY, Zhang H, Feng YP, et al. Angiojet thrombus clearance device in hemodialysis access thrombosis[J]. *Chinese Journal of General Surgery*, 2022, 37(4): 271-274. doi: 10.3760/cma.j.cn113855-20211115-00659.
- [11] 沙斐, 李学锋, 焦强, 等. AngioJet血栓抽吸装置配合球囊扩张治疗透析通路急性阻塞的疗效分析[J]. *临床外科杂志*, 2022, 30(5): 479-482. doi:10.3969/j.issn.1005-6483.2022.05.022.
- Sha F, Li XF, Jiao Q, et al. AngioJet thrombus aspiration device combined with balloon dilation in the treatment of acute obstruction of dialysis access[J]. *Journal of Clinical Surgery*, 2022, 30(5):479-482. doi:10.3969/j.issn.1005-6483.2022.05.022.
- [12] Li GQ, Wang L, Zhang XC. AngioJet thrombectomy versus catheter-directed thrombolysis for lower extremity deep vein thrombosis: a meta-analysis of clinical trials[J]. *Clin Appl Thromb Hemost*, 2021, 27: 10760296211005548. doi: 10.1177/10760296211005548.
- [13] 宋德洋, 李卫校, 徐如涛, 等. AngioJet血栓抽吸联合经颈静脉肝内门体分流术治疗急性门静脉系统血栓形成效果分析[J]. *介入放射学杂志*, 2022, 31(3): 236-241. doi: 10.3969/j.issn.1008-794X.2022.03.004.
- Song DY, Li WX, Xu RT, et al. AngioJet thrombus aspiration combined with TIPS for the treatment of acute portal venous systemic thrombosis: analysis of curative effect[J]. *Journal of Interventional Radiology*, 2022, 31(3): 236-241. doi: 10.3969/j.issn.1008-794X.2022.03.004.
- [14] Diaz PJ, Knoer G, Willett A, et al. Assessment of safety and procedural learning curve for pulmonary embolism patients undergoing percutaneous mechanical thrombectomy[J]. *J Vasc Surg*, 2025, 82(3):1058-1065. doi:10.1016/j.jvs.2025.04.013.
- [15] Chan SM, Laage Gaupp FM, Mojibian H. ClotTrier system for mechanical thrombectomy of deep vein thrombosis[J]. *Future Cardiol*, 2023, 19(1):29-38. doi:10.2217/fca-2022-0100.
- [16] Tian Z, Han H, Tian Z, et al. A systematic review and meta-analysis of the relative safety and efficacy of treating lower extremity deep vein thrombosis via pharmacomechanical thrombectomy and catheter-directed thrombolysis[J]. *Vascular*, 2025, 33(4): 910-923. doi:10.1177/17085381241274556.
- [17] Yiğit G, Türkmen U. A preliminary experience on the efficacy, safety, and short-term results in the treatment of acute bilateral iliofemoral deep vein thrombosis with the Angiojet rheolytic thrombectomy[J]. *J Vasc Surg Venous Lymphatic Disord*, 2025, 13(3):102192. doi:10.1016/j.jvsv.2025.102192.
- [18] Huang T, Ding W, Jin Y, et al. Multi-factor analysis of failure for modified single-session Angiojet rheolytic thrombectomy in treatment of acute iliofemoral venous thrombosis from iliac vein compression syndrome[J]. *Phlebology*, 2023, 38(2): 96-102. doi: 10.1177/02683555221149587.
- [19] Xue J, Yin P, He J, et al. The effect of AngioJet thrombectomy

- combined with catheter-directed thrombolysis in acute deep vein thrombosis of the lower extremities[J]. *Medicine*, 2025, 104(18): e41982. doi:10.1097/md.00000000000041982.
- [20] 秦江彦, 范正, 胡子涛, 等. 大脑中动脉急性闭塞血管内治疗患者的血栓渗透性、侧支循环及预后之间的关系及其影响[J]. *西部医学*, 2025, 37(6): 854-859. doi: 10.3969/j. issn. 1672-3511.2025.06.013.
- Qin JY, Fan Z, Hu ZT, et al. The relationship and influence of thrombus permeability, collateral circulation and prognosis in patients with acute middle cerebral artery occlusion treated intravascular therapy[J]. *Medical Journal of West China*, 2025, 37(6):854-859. doi:10.3969/j.issn.1672-3511.2025.06.013.
- [21] Kang T, Lu YL, Han S, et al. Comparative outcomes of catheter-directed thrombolysis versus AngioJet pharmacomechanical catheter-directed thrombolysis for treatment of acute iliofemoral deep vein thrombosis[J]. *J Vasc Surg Venous Lymphatic Disord*, 2024, 12(1):101669. doi:10.1016/j.jvsv.2023.08.010.
- [22] 程燕, 张宁, 赵欣, 等. Angiojet机械血栓清除联合导管接触溶栓治疗下肢深静脉血栓的疗效分析[J]. *中南医学科学杂志*, 2025, 53(1):174-177. doi:10.15972/j.cnki.43-1509/r.2025.01.043.
- Cheng Y, Zhang N, Zhao X, et al. Analysis of the therapeutic effect of Angiojet mechanical thrombectomy combined with catheter-directed thrombolysis in the treatment of lower limb deep vein thrombosis[J]. *Medical Science Journal of Central South China*, 2025, 53(1):174-177. doi:10.15972/j.cnki.43-1509/r.2025.01.043.
- [23] Puche Palao G, Trujillo-Santos J, Otálora S, et al. Impact of endovascular treatment on the development of post-thrombotic syndrome in iliac and iliofemoral deep vein thrombosis[J]. *J Clin Med*, 2025, 14(17):6280. doi:10.3390/jcm14176280.
- [24] 周小巍, 朱敬伟, 李忠. Angiojet机械性血栓抽吸治疗下肢动脉硬化闭塞症的效果及预后[J]. *河南医学研究*, 2025, 34(1):103-107. doi:10.3969/j.issn.1004-437X.2025.01.024.
- Zhou XW, Zhu JW, Li Z. Effect and Prognosis of Angiojet Mechanical Thrombus Aspiration in the Treatment of Arteriosclerosis Obliterans of Lower Limbs[J]. *Henan Medical Research*, 2025, 34(1): 103-107. doi: 10.3969/j. issn. 1004-437X.2025.01.024.
- [25] 蔡佳, 孔铭新, 曹广信, 等. AngioJet血栓清除术联合髂静脉支架植入术对髂静脉狭窄伴左下肢深静脉血栓患者生活质量的影响[J]. *中国现代普通外科进展*, 2025, 28(4):292-294. doi:10.3969/j.issn.1009-9905.2025.04.008.
- Cai J, Kong MX, Cao GX, et al. Effect of AngioJet thrombectomy combined with iliac vein stenting on quality of life in patients with iliac vein stenosis and left lower extremity deep vein thrombosis[J]. *Chinese Journal of Current Advances in General Surgery*, 2025, 28(4):292-294. doi:10.3969/j.issn.1009-9905.2025.04.008.
- [26] Cong L, Huang L, Fan B, et al. Analysis of the efficacy of angiojet percutaneous mechanical thrombectomy combined with catheter-directed thrombolysis versus catheter-directed thrombolysis alone in the treatment of subacute iliofemoral deep venous thrombosis in elderly patients[J]. *Phlebology*, 2025, 40(2): 88-94. doi: 10.1177/02683555241273064.
- [27] Huang T, Ni C, Ding W, et al. Risk factors of moderate to severe post-thrombotic syndrome within 2 years in patients with subacute thrombosis: a case-control study[J]. *J Vasc Surg Venous Lymphatic Disord*, 2024, 12(5):101933. doi:10.1016/j.jvsv.2024.101933.
- [28] Márquez RG, Desai KR. Venous Interventions: Controversies in the Management of Acute Deep Venous Thrombosis and the Role of the Interventional Radiologist[J]. *Radiol Clin North Am*, 2024, 62(6):1003-1011. doi:10.1016/j.rcl.2024.04.006.

(本文编辑 姜晖)

本文引用格式:汪仁涛,何涛,王笛乐,等. AngioJet机械血栓清除术对急性髂股静脉深静脉血栓患者血栓后综合征长期发生率的影响[J]. *中国普通外科杂志*, 2025, 34(12):2645-2653. doi: 10.7659/j.issn.1005-6947.250672

Cite this article as: Wang RT, He T, Wang DL, et al. Impact of AngioJet mechanical thrombectomy on the long-term incidence of post-thrombotic syndrome in patients with acute iliofemoral deep vein thrombosis[J]. *Chin J Gen Surg*, 2025, 34(12): 2645-2653. doi: 10.7659/j.issn.1005-6947.250672