



doi:10.7659/j.issn.1005-6947.250574  
http://dx.doi.org/10.7659/j.issn.1005-6947.250574  
China Journal of General Surgery, 2025, 34(12):2552-2560.

· 述评 ·

## 机械血栓清除装置治疗下肢深静脉血栓形成： 应用现状与展望

田轩, 刘建龙

(首都医科大学附属北京积水潭医院 血管外科, 北京 100069)



刘建龙

### 摘要

下肢深静脉血栓形成 (DVT) 急性期可导致肢体严重肿胀及肺栓塞, 危及患者生命, 慢性期则易进展为深静脉血栓形成后综合征 (PTS), 显著影响患者生活质量。近年来, 随着血管腔内技术的发展, 经皮机械血栓清除 (PMT) 在 DVT 治疗中的应用迅速增加, 被认为是降低中重度 PTS 发生率的重要手段之一。目前临床应用的 PMT 器材主要包括流体力学类、负压抽吸类、取栓支架类、血栓旋切类及超声导管辅助溶栓装置等, 其清栓机制、适用人群及技术特点各不相同。现有研究显示, 各类 PMT 装置在短期内均具有较好的安全性和血栓清除效果, 但在急性、亚急性及慢性早期 DVT 中的疗效差异、器材选择策略及对静脉瓣膜功能的长期影响仍缺乏高质量循证证据。本文结合最新指南及国内外研究进展, 系统阐述不同类型 PMT 器材的技术原理、临床应用特点及适用场景, 分析当前存在的问题, 并对未来研究方向及器材发展趋势进行展望, 以期对 DVT 的个体化治疗提供参考。

### 关键词

静脉血栓形成; 下肢; 血栓切除术; 血栓形成后综合征  
中图分类号: R654.3

## Mechanical thrombectomy for lower extremity deep vein thrombosis: current evidence and future perspectives

TIAN Xuan, LIU Jianlong

(Department of Vascular Surgery, Beijing Jishuitan Hospital, Capital Medical University, Beijing 100069, China)

### Abstract

Lower extremity deep vein thrombosis (DVT) is a common vascular disorder that may cause severe limb swelling and pulmonary embolism in the acute phase, and can progress to post-thrombotic syndrome (PTS) in the chronic stage, leading to long-term impairment of patients' quality of life. With advances in endovascular techniques, percutaneous mechanical thrombectomy (PMT) has gained increasing attention as an early intervention strategy for DVT and is considered effective in reducing the incidence of

**基金项目:** 北京市自然科学基金资助项目 (7252063); 首都卫生发展科研专项基金资助项目 (首发 2022-2-2074); 北京积水潭医院“学科骨干”计划专项基金资助项目 (XKGG202213)。

**收稿日期:** 2025-10-14; **修订日期:** 2025-12-23。

**作者简介:** 刘建龙, 首都医科大学附属北京积水潭医院主任医师, 主要从事血管外科方面的研究。

**通信作者:** 刘建龙, Email: ljl\_hy88@sina.com

moderate-to-severe PTS. Currently available PMT devices can be broadly classified into rheolytic, aspiration-based, stent retriever-based, rotational thrombectomy, and ultrasound-assisted thrombolysis systems, each with distinct mechanisms and clinical applications. Although short-term safety and efficacy of these devices have been preliminarily demonstrated, their comparative effectiveness in acute, subacute, and early chronic DVT, optimal device selection, and long-term impact on venous valve function remain uncertain due to the lack of high-quality evidence. This review summarizes the principles, technical features, and clinical applications of different PMT devices based on current guidelines and recent studies, discusses existing challenges, and outlines future research directions and device development trends, aiming to provide a reference for individualized treatment of DVT.

#### Key words

Venous Thrombosis; Lower Extremity; Thrombectomy; Postthrombotic Syndrome

CLC number: R654.3

下肢深静脉血栓形成 (deep vein thrombosis, DVT) 是血管外科中常见的疾病之一, 与 DVT 脱落引发的肺栓塞 (pulmonary embolism, PE) 统称为静脉血栓栓塞症 (venous thromboembolism, VTE), 是同一种疾病的两种表现形式<sup>[1-3]</sup>。根据血栓形成时间的不同, 分为急性期 DVT、亚急性期 DVT 和慢性期 DVT<sup>[4]</sup>。急性期 DVT 是指血栓形成时间在 14 d 以内的血栓, 亚急性期 DVT 是指血栓形成时间在 15~28 d 的血栓, 临床上认为急性期和亚急性期 DVT 积极行消栓治疗可达到不同程度地清除血栓, 恢复静脉血流的结果; 而慢性期 DVT 指血栓形成时间超过 28 d 的血栓, 临床上认为慢性期 DVT 消栓治疗效果不佳, 无法达到血栓清除目的<sup>[5-11]</sup>。但在实际临床工作中, 部分慢性早期 DVT 行消栓治疗仍可达到清除血栓的效果, 因此不应放弃此类患者清除血栓的机会, 对具有以下特点、处于慢性早期 DVT 的患者可积极尝试进行经皮机械血栓清除 (percutaneous mechanical thrombectomy, PMT) 治疗: 血栓形成时间超过 28 d 但血浆 D-二聚体指标仍呈升高状态; 超声检查发现具有低回声或混合回声的血栓; 加强 CT 显示血管内呈现不均质血栓影像; 加强 CT 显示静脉壁结构清晰, 静脉管腔未见萎缩和狭窄。

DVT 如未能得到及时有效的治疗, 血栓破坏静脉瓣膜功能, 更易发生深静脉血栓形成后综合征 (post thrombotic syndrome, PTS), 是 DVT 最常见的后遗症, 严重 PTS 显著降低患者生活质量, 对社会造成经济负担<sup>[12]</sup>, 而瓣膜受损和血管阻塞引起的慢性下肢静脉功能不全, 是 PTS 发生的主要原因<sup>[13-19]</sup>。因此, 欧洲血管外科学会 (European

Society for Vascular Surgery, ESVS) 指南<sup>[20]</sup>推荐对于急性期 DVT, 早期行 PMT 降低中重度 PTS 的发生。

近年来, 随着临床上对急性期 DVT 治疗方法的不断发展和进步, 愈发重视 DVT 的早期 PMT 治疗<sup>[21-26]</sup>, 血栓清除器材也迎来了较大发展, 百家争鸣时代的来临。对于 PMT 临床上主要分为五大类治疗方法, 其主要包括: (1) 流体力学类: 使用物理原理进行血栓清除; (2) 负压抽吸类: 使用产生负压的装置急速抽吸血栓; (3) 取栓支架类: 使用网格状可控支架对血栓进行切割后机械拉栓; (4) 血栓旋切类: 使用高速旋转的刀头切碎血栓并吸除体外; (5) 超声导管辅助下溶栓消栓治疗。五类 PMT 各有特色, 临床应用中也各有千秋, 但仍存在以下问题: (1) 目前尚无大量高级别循证医学证据证明其血栓清除效果优于导管接触性溶栓 (catheter directed thrombolysis, CDT)<sup>[20]</sup>; (2) 缺乏中长期的疗效随访和对比研究; (3) 缺少各类型 PMT 治疗对静脉瓣膜功能影响。本文主要分析了各类 PMT 器材应用的技术要点、应用特色和对瓣膜功能的影响, 在提高临床诊疗水平同时, 更加合理选择 PMT 的治疗方案。

## 1 流体力学类 PMT 的应用

流体力学类 PMT 器材主要以 AngioJet 血栓清除装置为代表, 其主要通过“伯努利”原理, 喷药联合抽吸治疗能增加血栓清除效果, 恢复血管通畅。其权威代表 PEARL Registry 研究<sup>[27]</sup>显示, 纳入多中心 329 例使用了 AngioJet 血栓清除装置患者, 以 4 种不同方式进行血栓清除治疗, 其结果为采用流体

力学药物机械联合导管溶栓治疗 (pharmacomechanical catheter directed thrombolysis, PCDT) 方法治疗 DVT 是安全有效的, 具有减少持续置管溶栓和监护时间的优势, 3、6、12 个月随访无血栓复发事件率分别为 94%、87% 及 83%, 与 AngioJet 相关不良事件发生率 2.7%, 无致死性不良事件发生。另外一项 Meta 分析<sup>[28]</sup> 纳入了 31 项相关研究 2 413 例患者, 结果显示与 CDT 组相比, AngioJet 组术后早期深静脉通畅率和患肢症状改善率明显更高, 而 II 级或 III 级血栓清除率及治疗前后大腿周长变化无显著差异。此外, AngioJet 组还表现出尿激酶应用剂量低、并发症发生率低、溶栓时间短、住院时间短及 PTS 发生率低等特点。虽然流体力学类 PMT 的临床研究较多, 但大多为回顾性研究, 缺乏大宗多中心、前瞻性随机对照研究。

近年来国内流体力学类 PMT 器材还有 TideFlow 血栓抽吸导管, 在 8 家国内三甲医院的临床试验结果以及上市后的临床数据显示, TideFlow 的血栓清除成功率和血栓再通率达到 100%。

此类 PMT 在应用过程中分为两部分进行消栓治疗, 首先喷药模式下利用导管喷射的力量, 可把溶栓药物均匀喷洒在血栓周围, 让药物充分接触血栓达到最大化溶栓目的, 新鲜血栓在喷药溶栓后即可达到完全溶解的结果, 溶栓时间推荐 30 min; 之后对于溶栓后的残余血栓, 抽吸模式下利用“伯努利”原理+Cross Stream 环流技术对血栓进行消除, 可迅速高效清除残余血栓, 为降低肾功能损害风险, 抽吸模式时间不宜超过 480 s。

此类 PMT 治疗关注点在于: (1) 当清除急性期血栓, 可适当减少溶栓时间和溶栓药物剂量, 当清除亚急性期血栓, 可适当增加溶栓时间和溶栓药物剂量, 延长抽吸模式时间; (2) 当患者存在绝对或相对溶栓禁忌时, 可不进行溶栓治疗, 放弃喷药模式或喷洒少量肝素盐水, 使用抽吸模式也可以达到不错的清栓效果; (3) 可选择顺行入路或逆行入路进行治疗, 两种入路均可有效达到血栓清除目的, 对于肢体静脉即刻通畅性、3 个月通畅率和血栓清除率分级差异无统计学意义<sup>[29]</sup>; (4) 治疗过程会出现溶血现象和血红蛋白尿, 需注意水化减低肾功能损害; (5) 由于迷走神经反射、腺苷释放和血栓溶解等原因, 治疗过程中可能会出现 Bainbridge 和 Bezold-Jarish 反射<sup>[30]</sup>, 患者会出现胸闷和心悸等不适症状, 还偶有出现剧烈腰痛、寒战

高热等症状<sup>[30]</sup>。

## 2 负压抽吸类 PMT 的应用

负压抽吸类 PMT 器材主要以 Indigo 血栓清除装置为代表, 其主要通过 Penumbra Engine 抽吸系统, 向抽吸导管提供持续的负压抽吸, 使血栓抽吸入导管中。同时, Indigo System 还配备了分离器, 可以破坏和分离血管内血栓, 使血栓碎裂易于吸除, 避免管路的堵塞, 对亚急性和慢性 DVT 也可以通过分离器进行有效剥离并吸除体外。其权威代表研究<sup>[31]</sup> 显示, 多中心 119 例重度 PE 患者[右、左心室短轴最大径比值 (RV/LV) >0.9] 使用了 Indigo 血栓清除装置, 术后 48 h RV/LV 明显下降至 0.43 (0.38~0.47) ( $P<0.001$ ), 只有 1.7% 患者进行了溶栓治疗, 术后心肌损伤、肺血管损伤、病情恶化、出血和器械相关死亡率等并发症发生率低, 具有良好的血栓清除效果和低并发症发生率; 而 Indigo 血栓清除装置治疗 DVT 的相关研究正在进行。其他 Indigo 血栓清除装置治疗 DVT 的单中心研究<sup>[32-34]</sup> 显示, 8 个月的靶静脉通畅率为 93.8%, 但目前的研究也仅限于小规模回顾性分析

同类国内 PMT 器材较多, 主要包括以下: (1) AcoStream, 由先瑞达医疗器械有限公司研发的可控纯负压机器抽吸系统, 导管头端可根据血管走行进行塑形, 并小幅度旋转抽吸, 达到快速高效抽吸血栓、恢复血流目的, 相较于传统的手动抽吸, 抽栓效率更高, 对血管壁损伤风险更小, 手术安全性一致<sup>[35]</sup>; (2) Eagle, 由归创医疗器械有限公司研发, 其包括了智能算法控制单元 (ZYLOX EagleEye®)、分离器 (ZYLOX EagleTalon®) 及专用抽吸导管, 可智能切换抽吸模式并有效控制出血量; (3) SWAM, 中天医疗器械科技有限公司研发的血栓抽吸导管主要包括外周血栓抽吸导管和分离器, 联合使用可提升抽吸效率并降低堵管风险, 而其头端的分离器的独特设计和良好的剥离血栓效果, 获得了临床上的应用好评; (4) Mammoth, 由归创医疗器械有限公司研发, 类似于 AngioVac 血栓清除系统<sup>[18]</sup>, 国产大腔外周血栓抽吸导管刚刚进入临床得以使用, 其可通过手柄式大吸力大腔抽吸血栓, 快速抽吸使靶血管复通, 疗效需临床进一步验证。

此类 PMT 治疗关注点在于: (1) 持续负压快速

高效抽吸血栓,根据靶血管的宽度合理选择抽吸导管直径和型号,抽吸效率优于手动吸栓;(2)配备分离器可有效破坏和分离碎裂血栓,增加急性、亚急性和慢性早期血栓抽吸效果,降低阻塞管路风险,而部分器材分离器已具备了取栓支架的特性;(3)对存在溶栓禁忌证患者仍然适用;(4)顺行操作血栓清除效果更佳,逆行操作也可进行血栓清除,但受限于翻山和导管宽度,逆行通过瓣膜损伤风险高;(5)血栓抽吸过程伴随出血,反复操作出血量增多。

### 3 取栓支架类PMT的应用

取栓支架类PMT器材主要以ClotTrieve系统血栓清除装置为代表,其由取栓支架和鞘管组成,采用自膨镍钛合金结构,在牵拉支架时对血栓进行分离和切割,并进入后方的网兜结构容纳一并取出;其可贴壁清除附壁血栓,且对血管壁压力仅为传统球囊的1/20,降低静脉瓣膜损伤风险,可调整支架的自膨张力,使血栓更易被切割。权威代表研究<sup>[36]</sup>报道了多中心310例DVT使用ClotTrieve系统血栓清除装置,12个月通畅率达到94.2%,中重度PTS发生率仅为8.8%,术后改良的静脉临床严重程度评分显著性下降( $P<0.001$ )。另外,Weissler等<sup>[37]</sup>报道了单中心18例应用ClotTrieve系统血栓清除装置,15例保持静脉通畅,但总体研究较少,且多是回顾性研究。

同类国内PMT器材主要以腾复医疗科技有限公司研发的Tendfast外周静脉取栓支架系统为代表,其主要通过取栓支架和负压抽吸协同取栓的方式进行血栓清除,可适用于急性和亚急性DVT的清除。

取栓支架类PMT的关注点在于:(1)通过取栓支架对血栓进行分离和切割,需反复多次操作;(2)取栓过程中需注意调整支架张力,张力过大有损伤静脉瓣膜或静脉壁风险,张力过小对血栓切割力下降;(3)取栓次数不宜过多,会增加血管壁损伤风险;(4)如附壁残留血栓可配合大鞘抽吸。

### 4 血栓旋切类PMT的应用

血栓旋切类PMT器材主要以Straub Aspirex血栓清除装置为代表,其工作原理基于一种头部呈

双斜面形状的导管,该导管以特定的转速研磨血管内的血栓或斑块,形成漩涡效应,从而将静脉壁上的血栓剥离。通过内置螺旋弹簧的高速旋转产生负压,吸附并分离血栓或栓子,随后利用内置刀刀将其粉碎,并通过导管排出体外。目前,Straub Aspirex在静脉领域的应用缺乏大规模样本和前瞻性随机对照研究,也没有权威代表研究,主要依据为一些回顾性病例系列研究。现有研究评估了使用Aspirex装置进行PMT治疗急性症状性髂股静脉DVT的安全性、有效性和中期结果。国外一项回顾性研究<sup>[38]</sup>中,30例使用Aspirex进行髂股静脉血栓清除的结果显示,所有病例血栓均成功清除,静脉恢复通畅,且围手术期未出现重大并发症,表明使用Aspirex设备进行PMT是急性症状性髂股DVT患者的一种相对安全有效的治疗方案。国内李金勇等<sup>[39]</sup>在一项回顾性研究中探讨了Aspirex机械血栓清除治疗在创伤后急性DVT患者中的疗效及安全性,研究纳入了54例创伤后急性DVT患者,II、III级血栓清除成功率为83.3%,未出现无症状性PE等并发症及死亡,术后1年PTS的发生率为33.3%,目标静脉通畅率为75.9%。研究表明,应用Aspirex机械血栓清除具有显著疗效、安全可靠,联合应用导管吸栓、CDT、髂静脉球囊扩张及支架置入可进一步提高静脉通畅率,但目前多以小样本量回顾性研究为主。

同类国内PMT器材为西安英特文医疗器械有限公司研发的卡特利外周血栓旋切设备,其通过高速旋转的传输系统产生负压将血栓吸入、旋切成碎块、运输出体外,可高效快速清除急性及亚急性DVT。在5家国内三甲医院的临床试验结果以及上市后的临床数据表明,卡特利外周血栓旋切设备的有效性和安全性符合临床应用需要,血栓清除成功率为92.86%,静脉通畅度评分、手术时间、患肢肿胀程度评价、使用便捷性评价、受试者治疗满意度评价和已上市同类装置无统计学差异。

血栓旋切类PMT的关注点在于:(1)根据靶血管的宽度合理选择抽吸导管型号;(2)血栓清除过程需远端持续注入灌洗液,这对此类导管的清栓效果尤为重要;(3)对于亚急性或慢性早期血栓,导丝易被纤维素缠绕,当导丝出现震动、发热和共转时,需及时发现和冲洗,否则高速旋转的刀头可能切断支撑导丝;(4)Aspirex器材建议使用自

带导丝，应避免使用螺旋编织的导丝支撑，否则会使螺旋编织导丝损伤或断裂，而自带导丝的黄色头端也需避免进入导管内，否则黄色头端亦有发生断裂可能。

## 5 超声导管辅助下溶栓消栓治疗

超声导管辅助下溶栓消栓装置主要是EKOS超声波辅助溶栓系统为代表，其原理是在传统导管溶栓基础上利用超声波震荡作用促进药物渗入血栓，加速血栓溶解，使用比标准全身治疗少88%~92%的药物即可实现高效溶栓，明显缩短溶栓药物的输注时间，改善疗效并降低出血风险。其权威代表研究<sup>[40]</sup>报道了EKOS超声波辅助溶栓系统治疗慢性DVT及PTS（Villalta评分 $\geq 8$ ）78例患者共82条肢体，术后30 d Villalta评分降低 $\geq 4$ 为主要研究终点，64.6%患者达到了主要研究终点，术后12个月77.3%患者Villalta评分降低 $\geq 4$ ，超过90%的治疗靶病变通畅，静脉功能不全与生活质量评分显著改善。

国内同类PMT器材正处于临床试验阶段，目前已完成入组正在进行术后随访中，其有效性和安全性值得期待。

超声导管辅助下溶栓消栓治疗类PMT的关注点在于：(1)亚急性或慢性血栓溶栓时长的选择；(2)长时间溶栓需持续关注纤维蛋白原定量和出血风险；(3)导管留置期间的抗凝强度；(4)长时间留置需关注导管相关性感染；(5)此类器材尚无法大规模应用，治疗效果有待进一步临床观察。

## 6 不同应用场景的器材选择

### 6.1 亚急性和慢性早期DVT的选择

对于急性DVT患者，各种不同类型的器材均可选择，都可达到快速血栓清除、改善症状目的。但对于亚急性和慢性早期DVT患者，各种不同类型的器材均没有充足把握达到良好的血栓清除效果。相比较各类器材的特点，笔者认为取栓支架类PMT器材可能是清除亚急性和慢性早期DVT的首选，支架可有效分离和切割血栓纤维，再配合导管抽吸和球囊扩张并反复操作，可达到最大化清除血栓的效果；带有分离器的负压抽吸类PMT器材也能成为清除亚急性和慢性早期DVT的选择，

分离器的应用也可有效分离和中断血栓纤维，达到清除血栓的效果；未来期待超声导管辅助下溶栓消栓治疗器材上市后达到更加优异的表现。

### 6.2 血栓清除入路与器材选择

关于入路选择及其对静脉功能影响的规范化指南尚未确立，相关大规模研究和报道亦不充分。临床上进行血栓清除有两种不同入路方法，根据操作方向与静脉瓣膜开放方向的不同分为顺行入路和逆行入路，使用顺行入路进行操作是众多术者的主要选择。根据各类器材的消栓特点，适合逆行入路操作包括：流体力学类PMT装置<sup>[29]</sup>和超声导管辅助下溶栓消栓治疗装置，治疗过程对静脉瓣膜损伤达到最小化；而负压抽吸类PMT装置也可逆行操作，但可能会受限于导管宽度，增加损伤瓣膜风险。

良好的瓣膜对于预防PTS至关重要。部分学者认为，在血栓清除的过程中，逆行入路会导致瓣膜损伤，加重PTS发生率，但选择合理的器材可减少瓣膜损伤风险。国内一项回顾性分析<sup>[41]</sup>纳入了217例急性下肢DVT患者，分为顺行静脉插管组（67例）和逆行静脉插管组（150例），其结果显示，顺行与逆行静脉插管途径均可获得相似的临床效果，且逆行插管并未增加静脉瓣膜的损伤风险。此外，一项Meta分析<sup>[42]</sup>显示，PMT联合CDT治疗相较于单纯CDT，而两组间静脉瓣膜损伤事件的发生率差异无统计学意义（ $P>0.05$ ）。这表明PMT联合CDT相较于单纯CDT，能更有效地清除血栓，减少尿激酶用量，降低PTS的严重程度，且不会增加出血并发症发生率，也不会对静脉瓣膜产生负面影响。然而，关于血栓清除过程中顺行或逆行静脉入路对瓣膜影响的问题，目前尚缺乏高级别的证据支持。因此，需要开展进一步的前瞻性及大规模研究以进一步验证。

### 6.3 急性DVT已行PMT治疗后复发二次清栓的器材选择

此类患者在临床上的发生率逐年提高，且具有潜在的医疗风险，越来越获得术者的重视。首先应找寻血栓复发原因<sup>[43-48]</sup>：血栓清除不彻底、血栓陈旧、血管内皮损伤、髂静脉受压狭窄或闭塞未解除、自身免疫性疾病、恶性肿瘤等等都可能导导致血栓急性复发；其次此类复发多伴随存在亚急性或慢性血栓，因此带有分离器的负压抽吸类PMT装置或取栓支架类PMT装置为更佳的选择，

可有效切割和分离血栓和纤维,最大化清除残余血栓。

## 7 进一步研究方向

### 7.1 对现有各种PMT器材的研究

进入DVT清除时代不过5年时间,而对于DVT清除器材的应用不过10余年的时间。对于现有的各种类型PMT器材,仅有流体力学类PMT器材的研究相对较多。2021年ESVS指南<sup>[49]</sup>推荐的早期DVT血栓清除策略,也主要是PCDT;同时指南也指出,已经有几种新型机械取栓装置(含或不溶解栓)应用于临床,但目前还缺乏高质量的前瞻性证据来评估它们是否优于PCDT或CDT。因此,对各类型PMT器材与CDT治疗的多中心、前瞻性临床对照研究可能成为进一步发展趋势;另外,各类型PMT器材在治疗过程中如何更好地保护静脉瓣膜功能也是PMT器材发展过程中的需求。

### 7.2 PMT器材未来发展

目前临床已发展了五类PMT器材,同时也说明各种器材各有优劣,单一器材对不同时期和不同部位血栓无法达到良好血栓清除的结果。因此,快速、高效、可清除不同时期血栓且可保护瓣膜功能的PMT可能是未来的发展趋势。

## 8 小结与展望

随着2020年ESVS指南的推出,对精准化、微创化和多元化消栓治疗理念进一步强化,外周静脉血栓清除装置迎来井喷式发展和更新,呈现出欣欣向荣的蓬勃态势。但血栓清除的时机需根据病情需求掌握,区域及个体状况应选择更为合适的清栓装置。对于急性和亚急性DVT的治疗,可根据血栓特点个性化选择合理器材,积极进行血栓清除恢复静脉通畅,现有研究已表明可有效降低中重度PTS的发生率;但对于慢性早期DVT的治疗,各种器材的血栓清除效果并不肯定,首要治疗应为开通静脉管腔并恢复血流通畅,是否能有效改善PTS症状还需进一步研究。笔者已开展了慢性下腔静脉血栓和下肢DVT多次球囊扩张的相关研究,能恢复大部分患者静脉通畅性并降低PTS的症状,研究结果有待后续报道。

未来,下肢DVT的血栓清除治疗将面临更多

机遇与挑战,需要通过大规模前瞻性研究进一步验证,并依赖长期随访结果以评估治疗效果;多点穿刺血栓清除、多种不同类型PMT装置的共同应用是增加血栓清除率的有效手段。当然,也期待更适合慢性DVT血栓清除的器材的问世。

作者贡献声明:田轩主要负责论文撰写;刘建龙主要负责把控、提供研究思路并监督研究进展。

利益冲突:所有作者均声明不存在利益冲突。

## 参考文献

- [1] Shi W, Dowell JD. Etiology and treatment of acute inferior vena Cava thrombosis[J]. *Thromb Res*, 2017, 149:9-16. doi:10.1016/j.thromres.2016.07.010.
- [2] King RW, Wooster MD, Veeraswamy RK, et al. Contemporary rates of inferior vena Cava filter thrombosis and risk factors[J]. *J Vasc Surg Venous Lymphat Disord*, 2022, 10(2):313-324. doi:10.1016/j.jvsv.2021.07.016.
- [3] Olanipekun T, Ritchie C, Abe T, et al. Updated trends in inferior vena Cava filter use by indication in the United States after food and drug administration safety warnings: a decade analysis from 2010 to 2019[J]. *J Endovasc Ther*, 2024, 31(5): 873-881. doi:10.1177/15266028231156089.
- [4] Konstantinides SV, Meyer G, Becattini C, et al. 2019 ESC Guidelines for the diagnosis and management of acute pulmonary embolism developed in collaboration with the European Respiratory Society (ERS)[J]. *Eur Heart J*, 2020, 41(4): 543-603. doi:10.1093/eurheartj/ehz405.
- [5] 李新庆,潘杰,桑宏飞.亚急性下肢深静脉血栓治疗策略[J]. *外科理论与实践*, 2024, 29(6): 477-480. doi:10.16139/j.1007-9610.2024.06.03.  
Li XQ, Pan J, Sang HF. Treatment strategies for subacute lower extremities deep vein thrombosis[J]. *Journal of Surgery Concepts & Practice*, 2024, 29(6): 477-480. doi:10.16139/j.1007-9610.2024.06.03.
- [6] Song XJ, Liu ZL, Zeng R, et al. The efficacy and safety of AngioJet rheolytic thrombectomy in the treatment of subacute deep venous thrombosis in lower extremity[J]. *Ann Vasc Surg*, 2019, 58:295-301. doi:10.1016/j.avsg.2018.11.017.
- [7] Gong M, He X, Song J, et al. Catheter-directed thrombolysis with a continuous infusion of low-dose alteplase for subacute proximal venous thrombosis: efficacy and safety compared to urokinase[J]. *Clin Appl Thromb Hemost*, 2018, 24(8):1333-1339. doi:10.1177/1076029618775514.

- [8] Sutedjo J, Li Y, Gu JP. Manual aspiration thrombectomy for acute and subacute inferior vena cava thrombosis and lower extremity deep venous thrombosis[J]. *J Interv Med*, 2019, 1(4):197-204. doi: [10.19779/j.cnki.2096-3602.2018.04.02](https://doi.org/10.19779/j.cnki.2096-3602.2018.04.02).
- [9] Aslan A, Barutca H, Ayaz E, et al. Is real-time elastography helpful to differentiate acute from subacute deep venous thrombosis? A preliminary study[J]. *J Clin Ultrasound*, 2018, 46(2):116-121. doi: [10.1002/jcu.22522](https://doi.org/10.1002/jcu.22522).
- [10] Abramowitz SD, Kado H, Schor J, et al. Six-month deep vein thrombosis outcomes by chronicity: analysis of the real-world ClotTriever outcomes registry[J]. *J Vasc Interv Radiol*, 2023, 34(5): 879-887. doi:[10.1016/j.jvir.2022.12.480](https://doi.org/10.1016/j.jvir.2022.12.480).
- [11] 韩胜斌, 陈明清, 杨斌, 等. 不同自然病程下肢深静脉血栓溶栓治疗的疗效观察: 附 146 例报告[J]. *中国普通外科杂志*, 2010, 19(12):1292-1294. doi:[10.7659/j.issn.1005-6947.2010.12.009](https://doi.org/10.7659/j.issn.1005-6947.2010.12.009).  
Han SW, Chen MQ, Yang B, et al. Results of thrombolytic therapy for different stages of deep venous thrombosis of the lower extremities[J]. *China Journal of General Surgery*, 2010, 19(12): 1292-1294. doi:[10.7659/j.issn.1005-6947.2010.12.009](https://doi.org/10.7659/j.issn.1005-6947.2010.12.009).
- [12] Kahn SR. The post-thrombotic syndrome: the forgotten morbidity of deep venous thrombosis[J]. *J Thromb Thrombolysis*, 2006, 21(1): 41-48. doi:[10.1007/s11239-006-5574-9](https://doi.org/10.1007/s11239-006-5574-9).
- [13] 刘建龙, 李金勇. 下肢深静脉血栓清除临床关注焦点[J]. *中国普通外科杂志*, 2022, 31(6): 705-712. doi: [10.7659/j.issn.1005-6947.2022.06.001](https://doi.org/10.7659/j.issn.1005-6947.2022.06.001).  
Liu JL, Li JY. Clinically focused issues in thrombectomy for lower extremity deep vein thrombosis[J]. *China Journal of General Surgery*, 2022, 31(6): 705-712. doi: [10.7659/j.issn.1005-6947.2022.06.001](https://doi.org/10.7659/j.issn.1005-6947.2022.06.001).
- [14] Huang C, Zhang W, Liang H. A retrospective comparison of thrombectomy followed by stenting and thrombectomy alone for the management of deep vein thrombosis with May-Thurner syndrome[J]. *J Vasc Surg Venous Lymphat Disord*, 2021, 9(3):635-642. doi:[10.1016/j.jvsv.2020.08.031](https://doi.org/10.1016/j.jvsv.2020.08.031).
- [15] Kuetting D, Luetkens J, Wolter K, et al. Catheter-directed thrombectomy for highly symptomatic patients with iliofemoral deep venous thrombosis not responsive to conservative treatment[J]. *Cardiovasc Intervent Radiol*, 2020, 43(4): 556-564. doi:[10.1007/s00270-020-02415-7](https://doi.org/10.1007/s00270-020-02415-7).
- [16] Kim KY, Hwang HP, Han YM. Factors affecting recurrent deep vein thrombosis after pharmacomechanical thrombolysis and left iliac vein stent placement in patients with iliac vein compression syndrome[J]. *J Vasc Interv Radiol*, 2020, 31(4): 635-643. doi: [10.1016/j.jvir.2019.12.807](https://doi.org/10.1016/j.jvir.2019.12.807).
- [17] Alhazmi L, Moustafa A, Mangi MA, et al. Efficacy and safety of catheter-directed thrombolysis in preventing post-thrombotic syndrome: a meta-analysis[J]. *Cureus*, 2019, 11(2): e4152. doi: [10.7759/cureus.4152](https://doi.org/10.7759/cureus.4152).
- [18] Jabaar AA, Jenkins JS. The role of vacuum assisted thrombectomy (AngioVac) in treating chronic venous thromboembolic disease. Systematic review and a single center's experience[J]. *Cardiovasc Revasc Med*, 2018, 19(7 Pt A): 799-804. doi: [10.1016/j.carrev.2018.02.005](https://doi.org/10.1016/j.carrev.2018.02.005).
- [19] Meissner MH, Gloviczki P, Comerota AJ, et al. Early thrombus removal strategies for acute deep venous thrombosis: clinical practice guidelines of the Society for Vascular Surgery and the American Venous Forum[J]. *J Vasc Surg*, 2012, 55(5):1449-1462. doi:[10.1016/j.jvs.2011.12.081](https://doi.org/10.1016/j.jvs.2011.12.081).
- [20] De Maeseneer MG, Kakkos SK, Aherne T, et al. Editor's Choice - European Society for Vascular Surgery (ESVS) 2022 Clinical Practice Guidelines on the Management of Chronic Venous Disease of the Lower Limbs[J]. *JEur J Vasc Endovasc Surg*, 2022, 63(2): 184-267. doi:[10.1016/j.ejvs.2021.12.024](https://doi.org/10.1016/j.ejvs.2021.12.024).
- [21] 中国医师协会介入医师分会, 中华医学会放射学分会介入专业委员会, 中国静脉介入联盟. 下腔静脉滤器置入术和取出术规范的专家共识(第2版)[J]. *中华医学杂志*, 2020, 100(27):2092-2101. doi:[10.3760/cma.j.cn112137-20200317-00804](https://doi.org/10.3760/cma.j.cn112137-20200317-00804).  
Interventional Physician Branch of Chinese Medical Association, Interventional Professional Committee of Radiology Branch of Chinese Medical Association, China Venous Intervention Alliance. Expert consensus on specifications for inferior vena cava filter placement and removal (2nd edition)[J]. *National Medical Journal of China*, 2020, 100(27):2092-2101. doi:[10.3760/cma.j.cn112137-20200317-00804](https://doi.org/10.3760/cma.j.cn112137-20200317-00804).
- [22] 中华医学会外科学分会血管外科学组. 腔静脉滤器临床应用指南[J]. *中国实用外科杂志*, 2019, 39(7):651-654. doi:[10.19538/j.cjps.issn1005-2208.2019.07.02](https://doi.org/10.19538/j.cjps.issn1005-2208.2019.07.02).  
Vascular Surgery Group, Surgery Branch, Chinese Medical Association. Guidelines for clinical application of vena cava filters[J]. *Chinese Journal of Practical Surgery*, 2019, 39(7): 651-654. doi:[10.19538/j.cjps.issn1005-2208.2019.07.02](https://doi.org/10.19538/j.cjps.issn1005-2208.2019.07.02).
- [23] 刘建龙, 张蕴鑫. 困难性下腔静脉滤器取出的初步研究总结[J]. *中国普通外科杂志*, 2021, 30(6): 633-638. doi: [10.7659/j.issn.1005-6947.2021.06.001](https://doi.org/10.7659/j.issn.1005-6947.2021.06.001).  
Liu JL, Zhang YX. Preliminary data summary of difficult inferior vena cava filter retrieval[J]. *China Journal of General Surgery*, 2021, 30(6):633-638. doi:[10.7659/j.issn.1005-6947.2021.06.001](https://doi.org/10.7659/j.issn.1005-6947.2021.06.001).
- [24] 屈睿升, 周晏仪, 张耀明, 等. 下腔静脉滤器的应用与研究进展[J]. *中国普通外科杂志*, 2021, 30(6):715-722. doi: [10.7659/j.issn.1005-6947.2021.06.012](https://doi.org/10.7659/j.issn.1005-6947.2021.06.012).  
Qu RS, Zhou YY, Zhang YM, et al. Application and research progress of inferior vena cava filters[J]. *China Journal of General*

- Surgery, 2021, 30(6): 715–722. doi: 10.7659/j.issn.1005–6947.2021.06.012.
- [25] Tian X, Liu J, Jia W, et al. Placing a new filter before removing embolized nonconical filter: a report of 13 cases[J]. *Ann Vasc Surg*, 2022, 81:249–257. doi:10.1016/j.avsg.2021.09.036.
- [26] 田轩, 刘建龙, 顾建平, 等. Octoparms(R)腔静脉滤器预防肺栓塞安全性与有效性的多中心临床研究[J]. *中国普通外科杂志*, 2021, 30(12): 1395–1402. doi: 10.7659/j.issn.1005–6947.2021.12.002.
- Tian X, Liu JL, Gu JP, et al. A multicenter clinical trial of safety and effectiveness of Octoparms(R) vena cava filter in preventing pulmonary embolism[J]. *China Journal of General Surgery*, 2021, 30(12):1395–1402. doi:10.7659/j.issn.1005–6947.2021.12.002.
- [27] Garcia MJ, Lookstein R, Malhotra R, et al. Endovascular management of deep vein thrombosis with rheolytic thrombectomy: final report of the prospective multicenter PEARL (peripheral use of AngioJet rheolytic thrombectomy with a variety of catheter lengths) registry[J]. *J Vasc Interv Radiol*, 2015, 26(6):777–785. doi: 10.1016/j.jvir.2015.01.036.
- [28] Tian Z, Han H, Tian ZL, 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.
- [29] Tian X, Liu JL, Li JY, et al. Antegrade and retrograde approaches with a mechanical thrombectomy device for the treatment of acute lower limb deep vein thrombosis[J]. *Ann Vasc Surg*, 2024, 108: 266–278. doi:10.1016/j.avsg.2024.04.014.
- [30] 田轩, 刘建龙, 贾伟, 等. AngioJet血栓清除在创伤后髂股静脉近心端血栓中的应用[J]. *中华普通外科杂志*, 2020, 35(9):698–702. doi:10.3760/cma.j.cn113855–20200225–00120.
- Tian X, Liu JL, Jia W, et al. Effect of AngioJet thrombectomy on proximal iliofemoral vein thrombosis after trauma[J]. *China of Journal General Surgery*, 2020, 35(9):698–702. doi:10.3760/cma.j.cn113855–20200225–00120.
- [31] Sista AK, Horowitz JM, Tapon VF, et al. Indigo aspiration system for treatment of pulmonary embolism results of the EXTRACT-PE trial[J]. *JACC Cardiovasc Interv*, 2021, 14(3): 319–329. doi: 10.1016/j.jcin.2020.09.053.
- [32] Mathews SJ. Mechanical thrombectomy of pulmonary emboli with use of the Indigo system and lightning 12 intelligent aspiration[J]. *Tex Heart Inst J*, 2021, 48(5): e217571. doi: 10.14503/THIJ–21–7571.
- [33] Huasen B, Khan A, Suwathep P, et al. Initial Experience of Aspiration Thrombectomy using the Indigo Aspiration System for Acute Iliofemoral Deep Vein Thrombosis[J]. *J Clin Case Stud*, 2021, 1:001–006.
- [34] Robertson B, Neville E, Muck A, et al. Technical success and short-term results from mechanical thrombectomy for lower extremity iliofemoral deep vein thrombosis using a computer aided mechanical aspiration thrombectomy device[J]. *J Vasc Surg Venous Lymphat Disord*, 2022, 10(3): 594–601. doi: 10.1016/j.jvsv.2021.11.002.
- [35] Yu Z, Yang T, Cai M, et al. Early outcome of percutaneous mechanical thrombectomy using the AcoStream device in combination with other endovascular therapies for deep vein thrombosis in a lower extremity[J]. *Vascular*, 2025: 17085381251347865. doi:10.1177/17085381251347865.
- [36] Bisharat MB, Ichinose EJ, Veerina KK, et al. One-year clinical outcomes following mechanical thrombectomy for deep vein thrombosis: a CLOUT registry analysis[J]. *J Soc Cardiovasc Angiogr Interv*, 2024, 3(3): 101307. doi: 10.1016/j.jscv.2024.101307.
- [37] Weissler EH, Cox MW, Commander SJ, et al. Restoring venous patency with the ClotTrieve following deep vein thrombosis[J]. *Ann Vasc Surg*, 2023, 88:268–273. doi:10.1016/j.avsg.2022.07.031.
- [38] Loffroy R, Falvo N, Guillen K, et al. Single-session percutaneous mechanical thrombectomy using the Aspirex®S device plus stenting for acute iliofemoral deep vein thrombosis: safety, efficacy, and mid-term outcomes[J]. *Diagnostics (Basel)*, 2020, 10(8): 544. doi:10.3390/diagnostics10080544.
- [39] 李金勇, 刘建龙, 刘笑, 等. Aspirex机械血栓清除治疗创伤后急性下肢深静脉血栓形成的临床疗效[J]. *中国普通外科杂志*, 2022, 31(6): 735–743. doi:10.7659/j.issn.1005–6947.2022.06.005.
- Li JY, Liu JL, Liu X, et al. Clinical efficacy of the Aspirex mechanical thrombectomy in treatment of iliofemoral deep vein thrombosis after trauma[J]. *China Journal of General Surgery*, 2022, 31(6):735–743. doi:10.7659/j.issn.1005–6947.2022.06.005.
- [40] Shi Y, Shi W, Chen L, et al. A systematic review of ultrasound-accelerated catheter-directed thrombolysis in the treatment of deep vein thrombosis[J]. *J Thromb Thrombolysis*, 2018, 45(3):440–451. doi:10.1007/s11239–018–1629–y.
- [41] 陈国平, 顾建平, 何旭, 等. 顺行与逆行插管途径介入治疗急性下肢深静脉血栓形成的疗效比较[J]. *中华医学杂志*, 2017, 97(5): 353–358. doi:10.3760/cma.j.issn.0376–2491.2017.05.007.
- Chen GP, Gu JP, He X, et al. Efficacy comparison of interventional treatment by antegrade or retrograde catheterization for acute lower extremity deep venous thrombosis[J]. *National Medical Journal of China*, 2017, 97(5): 353–358. doi: 10.3760/cma.j.issn.0376–2491.2017.05.007.
- [42] 徐一丁, 胡波, 仲斌演, 等. AngioJet机械吸栓联合导管接触溶栓与单纯导管接触溶栓治疗急性下肢深静脉血栓形成的meta

- 分析[J]. 介入放射学杂志, 2020, 29(9):888-893. doi:10.3969/j.issn.1008-794X.2020.09.007.
- Xu YD, Hu B, Zhong BY, et al. AngioJet mechanical thrombectomy combined with catheter -directed thrombolysis versus simple catheter-directed thrombolysis for acute lower extremity deep venous thrombosis: a meta-analysis[J]. Journal of Interventional Radiology, 2020, 29(9): 888-893. doi: 10.3969/j.issn.1008-794X.2020.09.007.
- [43] Constantinescu AE, Bull CJ, Goudswaard LJ, et al. A phenome-wide approach to identify causal risk factors for deep vein thrombosis[J]. BMC Med Genomics, 2023, 16(1):284. doi:10.1186/s12920-023-01710-9.
- [44] Fernando SM, Tran A, Cheng W, et al. VTE prophylaxis in critically ill adults: a systematic review and network meta-analysis[J]. Chest, 2022, 161(2): 418-428. doi: 10.1016/j.chest.2021.08.050.
- [45] López-Rubio M, Lago-Rodríguez MO, Ordieres-Ortega L, et al. A comprehensive review of catheter-related thrombosis[J]. J Clin Med, 2024, 13(24):7818. doi:10.3390/jcm13247818.
- [46] Piazza G, Krishnathasan D, Hamade N, et al. Superficial vein thrombosis: a review[J]. JAMA, 2025, 334(22): 2020-2030. doi: 10.1001/jama.2025.15222.
- [47] Moreno-Rocha O, Obi AT. Superficial vein thrombosis[J]. Med Clin North Am, 2025, 109(4): 923-929. doi: 10.1016/j.mcna.2025.03.006.
- [48] Khandel G, Carman TL. The postthrombotic syndrome: a practical overview[J]. Med Clin North Am, 2025, 109(4): 931-942. doi: 10.1016/j.mcna.2025.03.007.
- [49] Kakkos SK, Gohel M, Baekgaard N, et al. Editor's choice - European society for vascular surgery (ESVS) 2021 clinical practice guidelines on the management of venous thrombosis[J]. Eur J Vasc Endovasc Surg, 2021, 61(1): 9-82. doi: 10.1016/j.ejvs.2020.09.023.

( 本文编辑 熊杨 )

本文引用格式: 田轩, 刘建龙. 机械血栓清除装置治疗下肢深静脉血栓形成: 应用现状与展望[J]. 中国普通外科杂志, 2025, 34(12):2552-2560. doi:10.7659/j.issn.1005-6947.250574

Cite this article as: Tian X, Liu JL. Mechanical thrombectomy for lower extremity deep vein thrombosis: current evidence and future perspectives[J]. Chin J Gen Surg, 2025, 34(12): 2552-2560. doi: 10.7659/j.issn.1005-6947.250574

## 关于一稿两投和一稿两用问题处理的声明

本刊编辑部发现仍有个别作者一稿两投和一稿两用, 为了维护本刊的声誉和广大读者的利益, 本刊就一稿两投和一稿两用问题的处理声明如下。

1. 一稿两投和一稿两用的认定: 凡属原始研究的报告, 同语种一式两份投寄不同的杂志, 或主要数据和图表相同、只是文字表述可能存在某些不同之处的两篇文稿, 分别投寄不同的杂志, 属一稿两投; 一经为两杂志刊用, 则为一稿两用。会议纪要、疾病的诊断标准和防治指南、有关组织达成的共识性文件、新闻报道类文稿分别投寄不同的杂志, 以及在一种杂志发表过摘要而将全文投向另一杂志, 不属一稿两投。但作者若要重复投稿, 应向有关杂志编辑部作出说明。

2. 作者在接到收稿回执后满3个月未接到退稿通知, 表明稿件仍在处理中, 若欲投他刊, 应先与本刊编辑部联系。

3. 编辑部认为文稿有一稿两投或两用嫌疑时, 应认真收集有关资料并仔细核对后再通知作者, 在作出处理决定前请作者就此问题作出解释。编辑部与作者双方意见发生分歧时, 由上级主管部门或有关权威机构进行最后仲裁。

4. 一稿两投一经证实, 则立即退稿, 对该作者作为第一作者所撰写的论文, 2年内将拒绝在本刊发表; 一稿两用一经证实, 将择期在杂志中刊出作者姓名、单位以及该论文系重复发表的通告, 对该作者作为第一作者所撰写的论文, 2年内拒绝在本刊杂志发表。本刊将就此事向作者所在单位和该领域内的其他科技期刊进行通报。

中国普通外科杂志编辑部