

经皮机械性血栓清除术的研究进展

林美君, 黄 文*

重庆医科大学附属第一医院血管外科, 重庆

收稿日期: 2025年10月19日; 录用日期: 2025年11月12日; 发布日期: 2025年11月21日

摘 要

即便经过抗凝治疗, 仍有超过半数的下肢深静脉血栓形成(DVT)患者会罹患血栓后综合征(PTS)。因此, 下肢DVT需要积极的血管内血栓清除治疗。目前的治疗方法有化学药物治疗、经皮机械性血栓清除术(PMT)、药物机械导管定向溶栓(PCDT)、手术取栓等。其中PMT可快速清除血栓、改善症状, 近年来PMT在下肢DVT治疗中起到越来越重要的作用。随着介入技术的进展以及下肢DVT临床实践的积累, 临床中使用的PMT发生了重大变化, 本文就近年来PMT的现状和进展进行综述。

关键词

深静脉血栓形成, 经皮机械性血栓清除术, 血栓后综合征

Research Progress of Percutaneous Mechanical Thrombectomy

Meijun Lin, Wen Huang*

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

Received: October 19, 2025; accepted: November 12, 2025; published: November 21, 2025

Abstract

Even with anticoagulant therapy, more than half of patients with lower extremity deep venous thrombosis (LEDVT) develop post-thrombosis syndrome (PTS). Therefore, appropriate endovascular thrombus removal therapy is essential for LEDVT. Current treatment modalities include pharmacologic therapy, percutaneous mechanical thrombectomy (PMT), pharmacomechanical catheter-directed thrombolysis (PCDT), and surgical thrombectomy. Among these, PMT enables rapid thrombus clearance and symptom improvement, playing an increasingly critical role in the management of DVT in recent years. With advancements in interventional techniques and the accumulation of

*通讯作者。

clinical experience in treating lower extremity DVT, significant progress has been made in the clinical application of PMT. This article provides a comprehensive review of the current status and recent advancements in PMT.

Keywords

Deep Venous Thrombosis, Percutaneous Mechanical Thrombectomy, Post-Thrombosis Syndrome

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

下肢深静脉血栓形成(deep venous thrombosis, DVT)是指血液在下肢深静脉内不正常凝结引起的静脉回流障碍性疾病。抗凝治疗依然是目前治疗 DVT 的首选治疗[1] [2]。但抗凝治疗并不具备清除血栓的能力,因此无法阻止已形成的静脉血栓对血管造成的损害,如静脉回流障碍和静脉瓣膜的损伤,这些损害最终可导致血栓后综合征(post-thrombosis syndrome, PTS)。即便经过抗凝治疗,仍有超过半数 DVT 患者会罹患 PTS [1] [3]。而众多研究结果显示,实施血栓清除治疗后,PTS 的发生率显著下降[4] [5]。急性和亚急性 DVT 患者单次使用经皮机械性血栓清除术(percutaneous mechanical thrombectomy, PMT)后症状立即缓解,但亚急性 DVT 患者的复发率高于急性 DVT 患者[6]。因此,下肢 DVT 需要早期积极的血管内血栓清除治疗。目前用于血栓清除的血管内 DVT 介入治疗技术主要分为:1) 化学药物溶栓治疗;2) 经皮机械性血栓清除术;3) 药物机械导管定向溶栓(Pharmacomechanical catheter-directed thrombolysis, PCDT)。其中 PMT 不仅能够快速恢复静脉的通畅性,还能有效预防 DVT 的复发以及减少 PTS 的发生。纳入 20 项研究的 Meta 分析表明($n = 1686$),与单独采用经导管接触性溶栓治疗(catheter directed thrombolysis, CDT)相比,PMT 展现出更高的静脉通畅率和大腿消肿率,并且有更低的 PTS 发生率及出血并发症风险[7]。另一纳入 16 项研究的 Meta 分析表明($n = 1170$),PMT 能够快速恢复静脉通畅、预防 DVT 复发,与单独使用 CDT 相比,PMT 可减少 PTS 发生率和出血并发症风险,是一种治疗急性髂股 DVT 安全且有效的方法[8]。在过去的几年中,临床实践中使用的 PMT 装置发生了重大变化,本文就不同方式的 PMT 在下肢 DVT 治疗中的现状和进展进行综述。

2. 经皮机械性血栓清除术

经皮机械性血栓清除术(percutaneous mechanical thrombectomy, PMT)是将相应的血栓清除装置导入到血栓部位,通过不同的工作原理,机械地从深静脉中分离和去除血栓,有些装置可同时灌注溶栓药物。根据工作原理 PMT 器械可分为:流变动力式血栓切除设备、抽吸取栓设备、支架取栓设备、旋转血栓切除设备、超声增强溶栓设备。不同方式 PMT 的优点及局限性见表 1。

2.1. 流变动力式血栓切除设备

2.1.1. AngioJet 血栓清除系统

AngioJet 血栓清除系统(美国 Boston Scientific 公司)结合了溶栓剂及文丘里-伯努利原理去除血栓,是目前国内使用最广泛的流变动力式 PMT 装置。

AngioJet 于 1996 年首次被批准用于动静脉瘘管移植取栓术,现在常规用于经皮冠状动脉介入治疗[9]

和上下肢 DVT。目前已有大量文献证明 AngioJet 治疗急性、亚急性静脉血栓的有效性及其安全性[10]-[12]。在美国 ATTRACT 试验中, 将急性近端 DVT 的患者随机分配到单独抗凝治疗或抗凝联合药物机械溶栓治疗(PCDT 组使用 AngioJet 血栓切除术系统或 Trellis 外周输注系统)(n = 692)。在这项研究中, PCDT 虽然对急性近端 DVT 后 PTS 的发生率没有影响, 但 PCDT 降低了 PTS 严重程度和重度 PTS 的发生率并改善了短期生活质量[13]。一项纳入 12 项试验的 Meta 分析表明, 与 CDT 相比, AngioJet 可快速清除血栓, 平均治疗持续时间和溶栓时间更短并且降低了 PTS 的严重程度[12]。然而, AngioJet 也存在部分不足, AngioJet 血栓清除系统的高压盐水注射虽然能使血凝块消散, 但是同时也会对红细胞造成破坏, 造成一过性的血红蛋白尿(hemoglobinuria)、急性肾损伤(acute kidney injury, AKI)的风险[14] [15]。

AngioJet 血栓清除系统操作简便、治疗效率高, 且对静脉壁的损伤较小, 安全性高, 适用于各级医院使用。但临床医生在 AngioJet 血栓清除术术前应对患者进行严格的术前评估, 排除手术禁忌; 围术期应随访关注肾功能并积极采取肾脏保护措施, 包括补液和碱化尿液, 必要时采用肾替代疗法(renal replacement therapy, RRT)。

Table 1. Advantages and limitations of different methods of percutaneous mechanical thrombolysis
表 1. 不同方式的经皮机械性取栓优点及局限性

设备	分类	导管直径	优点	局限性
AngioJet	流变动力式取栓设备	6F/8F	治疗效率高, 且不会对静脉壁及瓣膜造成严重的损坏	可能会引起溶血, 潜在肾功能损伤
JETi	流变动力式以及负压抽吸取栓设备	6F/8F	内部高压生理盐水射流, 可以降低溶血和栓塞并发症发生的风险	抽吸可能导致血容量损失, 尤其在贫血患者中
Indigo	负压抽吸取栓设备	8F	血栓清除率高, 低失血量, 头端无创弯形环向抽吸功能, 可以适用于不同直径血管	持续抽吸可能增加血管内膜损失风险
ClotTrievers	支架取栓设备	16F	对所有性质的血栓均有很好的清除效能, 适用范围广	对术者经验要求较高、设备成本昂贵, 相对禁忌症包括存在下腔静脉滤器或支架
Cleaner	旋转血栓切除设备	6F/7F	柔性导丝减少血管壁损伤	通过导丝将血栓破坏, 无远端保护装置, 易出现肺栓塞; 且操作相对复杂, 对术者要求较高
EkoSonic	超声增强溶栓设备	-	溶血少, 内皮损伤小, 可使血栓粉碎成较小的微粒, 减少肺栓塞的发生	溶栓效果较差, 所需时间较长

2.1.2. JETi 流体动力取栓系统

JETi 流体动力取栓系统(美国 Abbott 公司)使用高压盐水喷射和抽吸相结合的方法从静脉系统中吸出并粉碎血块。内部导管尖端利用盐水射流打破吸入的血栓并减少导管堵塞, 外部是斜头吸栓导管, 可 360° 贴壁抽吸大口径静脉的附壁血栓, 因此可用于较慢性的 DVT。JETi 设备还允许输送溶栓药物。

JETi 流体动力取栓系统目前的临床数据相对较少, 一项动脉和静脉混合的多国注册登记正在进行中, 计划招募 250 名患者, 前瞻性入组动脉和静脉血栓形成的病例, 并进行连续随访。目前, 最大规模的单中心临床研究来自 Crystal Razavi 教授, 前瞻性试点有症状的髂腔静脉或髂股静脉血栓栓塞症患者单次治疗情况, 评估 JETi 流体动力取栓系统的有效性(n = 53 条肢体, 47 例患者), 79% (42/53)的肢体在单独使用该装置后血流恢复。在使用球囊血管成形术和支架置入术进行辅助治疗后, 88.6% (47/53)的肢体恢复了血流。使用溶栓治疗后, 94.3% (50/53)的肢体血流恢复通畅。该项研究中没有发生肺栓塞、大出血或死亡

的不良事件。虽然急性和亚急性深静脉血栓患者都包括在这项研究中, 但该研究未测量 JETi 系统治疗亚急性深静脉血栓的有效性。此外, 没有对患者进行长期随访, 以评估复发性静脉血栓栓塞和 PTS 的结果[16]。另一项回顾性研究评估了 JETi 系统治疗急性髂股 DVT 的安全性及有效性($n = 9$), 单独使用 JETi 系统的平均血栓减少率为 92% (范围: 60%~100%)。其中 5 例手术需要额外的 CDT 以去除更大的血栓, 最终导致平均 96% 的血栓减少(范围: 80%~100%)。在术后随访中, 有 1 例患者出现复发性血栓形成。该研究中没有发生与该装置相关的主要不良事件[17]。JETi 系统通过其内部高压生理盐水射流, 可以降低溶血和栓塞并发症发生的风险[16] [17]。然而, 由于抽吸导致的血容量损失可能是 JETi 系统的潜在并发症, 特别是在贫血患者中[17]。

JETi 系统在有效性、安全性及适用范围方面具有显著优势。但其对技术和设备的依赖及成本问题限制了临床应用。未来需要进一步的研究来确定使用该装置后的长期并发症以及其在亚急性和慢性血栓中的有效性。

2.2. 抽吸取栓设备

Indigo 系统(美国 Penumbra 公司)采用负压机制清除血栓, 并在这一过程中同步灌注溶栓药剂, 同时, 其内置的分离器能有效刮除并抽取导管开口处的血栓, 防止其造成堵塞。该系统集成了 Lightning12 智能抽吸技术, 能够实时监测血液流动状态, 这使得系统能够自主调节抽吸力度, 以实现血栓清除效果的最大化, 并尽可能降低失血风险。

在一项使用 Indigo 治疗急性髂股 DVT 患者的研究中($n = 10$), 60% (6/10)患者在未使用 CDT 治疗的情况下血栓消退大于 70%, 所有患者均未发生出血并发症[18]。在另一项使用该系统治疗急性髂股 DVT 治疗的研究中($n = 16$), 所有患者的血栓消退率均超过 70%, 且均未发生严重并发症(输血、急性肾衰竭、出血)。在随访中, 超过 90% (15/16)的患者静脉通畅。该研究同时也证实了 Lightning 12 系统与低失血量有关[19]。此外, 有文献报道了 Indigo 抽吸系统成功进行脑静脉窦血栓形成血管内血栓切除术的案例, 此案例表明该系统在脑静脉系统中是安全有效的, 可以几乎完全清除血栓[20]。Indigo 系统对动静脉瘘和移植物的急性血栓形成的治疗也是安全有效的, 可提供良好的短期通畅率[21]。

Indigo 为急性髂股 DVT 的治疗提供了一种安全的替代方案, 其智能抽吸系统能区分血栓与血液, 最大限度地减少了血液抽吸, 并减少了对溶栓药物给药的需求, 具有高效清除血栓、安全性较高、可应用范围广的优点。

2.3. 支架取栓设备

ClotTrieve 系统(美国 Inari Medical 公司)是一种取栓支架装置, 旨在去除周围血管内的大血栓, 同时最大限度地减少对血管壁的创伤。其构造主要包含两大组件: ClotTrieve 导管, 它包含一个镍钛合金芯元件和网状收集袋, 以及 ClotTrieve 导管鞘, 它包含一个自我膨胀的镍钛漏斗和一个用于吸入的侧孔。该装置可将血栓与静脉壁分离并捕获在收集袋中。ClotTrieve 可以多次重新插入, 从而确保了血栓捕获的广泛性和彻底性。

一项前瞻性、单臂、多中心的 ClotTrieve 预后(CLOUT)注册研究评估了 ClotTrieve 系统在治疗近端下肢 DVT 患者中的有效性($n = 260$), 32.7%为急性血栓, 35.4%为亚急性血栓, 31.9%为慢性血栓。在针对 DVT 的治疗中, ClotTrieve 系统展现出了显著的疗效, 其中急性 DVT 的血栓清除率高达 90.8%, 亚急性为 81.9%, 慢性则为 83.8%, 均达到了完全或近乎完全清除的标准。研究结果显示, 该系统能够在单次手术操作中有效移除各类 DVT, 无需额外使用溶栓药物[22]。Abramowitz 等对 CLOUT 数据进行了回顾性分析, 该研究强调了 ClotTrieve 治疗慢性 DVT 患者的可行性和有效性[23]。CLOUT 中期结果是自

ATTRACT 试验以来最大的前瞻性、多中心两年期深静脉血栓(DVT)数据集,证实了 ClotTrieve 系统在实际深静脉血栓患者中的安全性、有效性和长期疗效。一项 ClotTrieve 血栓切除术系统治疗急性髂股深静脉血栓形成的单中心回顾性评价($n = 96$), 97% (93/96)的血栓清除率 $\geq 75\%$, 76% (73/96)通过静脉造影和 Marder 评分测量的血栓清除率达到 100%且未发生静脉破裂或穿孔的设备相关并发症,也未发生假性动脉瘤、血肿的穿刺相关并发症,住院期间无大出血及死亡事件发生[24]。在另一项回顾性研究中,评估了使用 ClotTrieve 系统治疗继发于慢性血栓后阻塞的下肢静脉溃疡的特征和结果($n = 15$)。所有治疗均在一次疗程中完成,所有肢体均取得了技术成功。在后期随访中,下肢静脉溃疡 80% (12/15)完全消退,20% (3/15)显示接近完全愈合。证实 ClotTrieve 系统可用于治疗 PTS 相关下肢静脉溃疡[25]。此外,有病例报告了使用 ClotTrieve 系统成功进行上肢 DVT 机械血栓切除术的案例,这可能证明该系统是上肢 DVT 或闭塞性锁骨下病变的单次有益治疗选择[26]。

ClotTrieve 系统展现出对急性、亚急性及慢性血栓均具备卓越的清除效能,并且具有良好的安全性和长期疗效,这一特性极大地拓宽了其在治疗下肢 DVT 领域的潜在应用范围。

2.4. 旋转血栓切除设备

Cleaner 旋转血栓切除系统(美国 Argon Medical Devices 公司)是一种旋转涡轮式血栓切除装置,通过柔性正弦形导丝在血管内旋转,将血栓浸软、破碎并通过导引器护套吸出。Cleaner 系统还有一个输注端口,用于输送溶栓剂。

在一项研究中,使用 Cleaner 系统治疗髂股和/或股腘深静脉血栓($n = 16$),其中 87.5% (14/16)的血栓完全或接近完全清除并完全恢复血流。该系统对两名患者无效,因为他们有亚急性深静脉血栓,在干预前症状持续了 14 天。虽然旋转装置存在内皮壁损伤的风险,但该研究中没有显示大静脉壁穿孔[27]。在另一项评估 Cleaner 系统治疗急性和亚急性 DVT 的疗效及安全性的回顾性研究中($n = 41$),经过一次 PMT 治疗后,70.7% (28/41)的患者血栓完全消退,26.8% (11/41)的患者血栓消退 50%~99%。其中 3 例由于残余血栓加用额外的溶栓治疗,包括补充溶栓在内的 73.2% (30/41)的患者血栓完全消退。亚急性深静脉血栓完全消退(37.5%)低于急性深静脉血栓完全消退(78.8%)。该研究中未发生全身性出血并发症[28]。有研究报告了使用 Cleaner 的中期结果,平均随访时间为 16 个月后,无 pts 生存率为 67.5% (31/46) [29]。此外,Cleaner 旋转血栓切除系统与球囊破碎相比,在治疗移植物动静脉内瘘和自体动静脉内瘘血栓时可能为失功能通路提供更长的一期通畅率[30]。

使用 Cleaner 血栓切除术是一种很有前途的替代方案,是用于治疗急性髂股和股腘深静脉血栓的有效方法。但机械作用于血栓时可能损伤静脉壁引起大出血,甚至危及患者生命,尤其是于下腔静脉进行操作时。

2.5. 超声增强溶栓设备

EkoSonic 血管内系统(美国 EKOS 公司)是一种双腔导管,是目前唯一获准用于执行超声加速导管定向溶栓(ultrasound-accelerated catheter-directed thrombolysis, UA-CDT)的设备。EkoSonic 血栓清除系统为一种新型的溶栓方法,UA-CDT 在向血栓腔内施加超声能量的同时通过输液泵输送溶栓药物。其机理是利用超声波能量来分离纤维蛋白链,并加速溶栓药物在血栓深处的渗透,用较低的溶栓剂量,可加速溶解或软化血栓。

与传统 CDT 相比,UA-CDT 具有显著提高溶栓成功率、缩短输注时间和住院时间、减少大出血并发症发生的优势[31] [32]。一项研究招募了急性($n = 40$)和慢性($n = 8$)髂股或腘静脉 DVT 患者。79% (38/48)的患者发生完全溶解,21% (10/48)的患者发生部分溶解。8 例慢性深静脉血栓患者中,6 例血栓完全溶解。

有 DVT 病史的患者比没有复发性 DVT 的患者更难以实现完全溶栓。为期一年的随访显示, 6 名患者出现复发, 需要重复溶栓, 而其余患者表现出持续通畅[33]。荷兰的 CAVA 试验, 将首发急性髂股 DVT 患者随机分配接受标准治疗联合额外超声加速导管定向溶栓或单独标准治疗($n = 184$)。这项研究发现 UA-CDT 不影响急性髂股 DVT 后 PTS 的发生率[34]。在最新的一项 CAVA 试验子研究中表明, 额外的 UA-CDT 仅在静脉通畅潜力较低的患者中降低了 PTS 的发生率, 如纤维蛋白原水平升高。也就是说基线纤维蛋白原水平高的患者更可能在 UA-CDT 中获益[35]。该研究为未来关于 UA-CDT 患者选择的研究提供了一个有希望的方向。

当前可获得的临床证据尚不足以充分确立 UA-CDT 作为深静脉血栓(DVT)治疗的一线选择。为了更准确地评估 UA-CDT 在 DVT 治疗中的效果与地位, 亟需开展更大规模、具有前瞻性的随机对照试验(RCT)研究, 并辅以长期的跟踪随访, 以期全面而深入地揭示其临床应用价值。

2.6. 其他

新的旨在针对亚急性和慢性血栓的机械装置正在进入市场。Devoro Medical 的 Wolf 血栓清除系统旨在摄取软凝块和机化性血栓; 然而, 评价其临床疗效的研究有限。另一个是 Boston Scientific 的 ClotHunter 血栓清除系统, ClotHunter 可顺时针和逆时针旋转 330 度以清除附壁血栓, 其设计用于治疗更具挑战性的急性和亚急性 DVT。当前, 关于此类新型机械装置在治疗下肢 DVT 过程中所展现的安全性能及实际治疗效果, 尚缺乏充分且确凿的证据支持。

3. 讨论

CDT 和 PMT 都是治疗下肢 DVT 的新兴技术, 具有早期恢复静脉通畅和减少 PTS 的优点。2015 年的一项荟萃分析比较了 CDT + 抗凝与单纯抗凝治疗近端 DVT 的疗效。结果显示, 额外的 CDT 与 6 个月静脉通畅率和 PTS 率显著改善相关。然而, CDT 组的出血并发症增加了 2 倍, 同时在重症监护下进行的密切监测带来了巨大的经济负担[36]。由于这两个主要原因, 尽管 CDT 的手术结局令人鼓舞, 但仍未将其纳入标准治疗建议。与 CDT 相比, PMT 是另一种具有良好临床结局且出血风险得到更好控制的血管内治疗方案。本综述对不同类别的血栓切除术装置的临床和安全性结局进行了全面概述。结果表明, 单纯 PMT 和 PMT 联合药物机械装置治疗急性下肢 DVT 的手术效果均不劣于 CDT。从经济学角度, 两项回顾性研究进行了成本分析, 发现 PMT 与医院总成本降低 44%~49% 相关。PMT 组的住院时间和重症监护病房(ICU)停留时间也较短(PMT 组的住院时间为 (4.6 ± 1.3) 天, ICU 停留时间为 (0.6 ± 0.3) 天; CDT 组的住院时间为 (8.4 ± 2.3) 天, ICU 停留时间为 (2.4 ± 1.2) 天; $P < 0.02 \sim 0.04$) [37] [38]。PMT 的 PTS 发生率、出血并发症和住院费用均优于 CDT 单独治疗。此外, PMT 的死亡风险很小, 与单纯抗凝治疗的患者相当: 0.4% 的致死性静脉血栓栓塞复发和 0.2% 的致死性大出血事件[39]。如本综述所述, PMT 平衡的风险和获益为未来开展关于其使用的随机对照试验提供了基础。

由于 PMT 技术的复杂性, 涉及血管通路建立、器械通过血栓、有效清除等步骤, 操作者的经验对成功率和并发症控制有显著影响。学习初期, 操作不熟练可能导致血管损伤、血栓清除不彻底或脱落等风险增加。因此, 应重视 PMT 操作的系统化培训, 积极派员参加专业的血管介入培训课程, 并在机构内部建立规范的培训体系, 利用模拟器械提升实操能力, 缩短学习曲线。

围手术期管理是保障患者安全、确保手术疗效的关键环节。首先对于肾损伤的预防: PMT 术后血红蛋白尿和 AKI 风险显著增高。关键措施包括水化、碱化尿液、密切监测肾功能等。其次是血管损伤预案: PMT 操作过程中可能导致血管穿孔、夹层等。预案需包括识别(造影剂外泄)、处理(球囊压迫、支架植入)和团队协作。最后, 围术期患者的综合管理: 包括规范抗凝、患肢护理(如规范测量腿围)、预防性下腔静

脉滤器置入以及疼痛管理等。

4. 小结

日益增多的证据表明, 仅通过抗凝治疗 DVT 不足以预防 DVT 复发和 PTS 的发生, 而使用血管内血栓清除治疗早期和全面清除血栓能降低 PTS 的发生率和提高生命质量。本文深入探讨了当前 PMT 的各方面情况, 旨在提炼其有效性和安全性的大量证据, 为临床医生和研究人员提供有价值的见解。

开放静脉假说认为, 早期清除血栓可以保留静脉通畅和瓣膜功能, 从而降低 PTS 血栓的发生率。然而, PMT 在减少围手术期并发症和 PTS 发生率方面的有效性仍存在争议。由于缺乏评估 PMT 装置疗效的随机试验, PMT 治疗深静脉血栓的指南受到限制。2019 年 NICE 指南建议, 如果有溶栓禁忌, 或作为溶栓前或溶栓后去除残余血栓的辅助策略, 则使用 PMT 治疗急性 DVT。2021 年 CHEST 指南建议对严重危及肢体的 DVT 患者(如股青肿或重症 DVT)采用导管引导干预[1]。2019 年 NICE 和 2016 年 AC 论坛指南都建议在个体基础上使用 PMT, 同时要仔细考虑患者的年龄、深静脉血栓的范围和症状的严重程度[40]。

未来亟需开展更大规模的研究来确定这些 PMT 装置在治疗急性、亚急性和慢性 DVT 中的安全性和有效性, 以及其对 DVT 的发展和 PTS 发生率的长期影响, 为将来 PMT 使用的详细指南提供足量证据支持。

参考文献

- [1] Stevens, S.M., Woller, S.C., Kreuziger, L.B., Bounameaux, H., Doerschug, K., Geersing, G., *et al.* (2021) Antithrombotic Therapy for VTE Disease. *Chest*, **160**, e545-e608. <https://doi.org/10.1016/j.chest.2021.07.055>
- [2] 顾建平, 徐克, 滕皋军. 下肢深静脉血栓形成介入治疗规范的专家共识(第 2 版)[J]. 介入放射学杂志, 2019, 28(1): 1-10.
- [3] Ni, Q., Long, J., Guo, X., Yang, S., Meng, X., Zhang, L., *et al.* (2021) Clinical Efficacy of One-Stage Thrombus Removal via Contralateral Femoral and Ipsilateral Tibial Venous Access for Pharmacomechanical Thrombectomy in Entire-Limb Acute Deep Vein Thrombosis. *Journal of Vascular Surgery: Venous and Lymphatic Disorders*, **9**, 1128-1135. <https://doi.org/10.1016/j.jvsv.2021.01.007>
- [4] Watson, L., Broderick, C. and Armon, M.P. (2016) Thrombolysis for Acute Deep Vein Thrombosis. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, No. 11, CD002783. <https://doi.org/10.1002/14651858.cd002783.pub4>
- [5] Abramowitz, S., Shaikh, A., Mojibian, H., Mouawad, N.J., Bunte, M.C., Skripochnik, E., *et al.* (2024) Comparison of Anticoagulation vs Mechanical Thrombectomy for the Treatment of Iliofemoral Deep Vein Thrombosis. *Journal of Vascular Surgery: Venous and Lymphatic Disorders*, **12**, Article 101825. <https://doi.org/10.1016/j.jvsv.2024.101825>
- [6] Lee, S., Cho, Y., Lee, H.N., Park, S., Chung, H.H. and Park, H. (2023) Single-Session Percutaneous Mechanical Thrombectomy for Acute and Subacute Deep Vein Thrombosis: Clinical Outcomes and Predictive Factors of Recurrence. *Journal of the Belgian Society of Radiology*, **107**, Article No. 60. <https://doi.org/10.5334/jbsr.3213>
- [7] Li, W., Zaid Al-Kaylani, A., Zeebregts, C.J., El Moumni, M., de Vries, J.P.M., van der Doef, H.P.J., *et al.* (2023) Effectiveness and Safety of Catheter-Directed Thrombolysis in Conjunction with Percutaneous Mechanical Thrombectomy for Acute Iliofemoral Deep Vein Thrombosis: A Meta-Analysis. *Journal of Vascular Surgery: Venous and Lymphatic Disorders*, **11**, 843-853.e2. <https://doi.org/10.1016/j.jvsv.2023.01.010>
- [8] Wong, P., Chan, Y., Law, Y. and Cheng, S.W. (2019) Percutaneous Mechanical Thrombectomy in the Treatment of Acute Iliofemoral Deep Vein Thrombosis: A Systematic Review. *Hong Kong Medical Journal*, **25**, 48-57. <https://doi.org/10.12809/hkmj187491>
- [9] Elgendy, A.Y., Elgendy, I.Y., Mahmoud, A.N. and Bavry, A.A. (2017) Long-Term Outcomes with Aspiration Thrombectomy for Patients Undergoing Primary Percutaneous Coronary Intervention: A Meta-Analysis of Randomized Trials. *Clinical Cardiology*, **40**, 534-541. <https://doi.org/10.1002/clc.22691>
- [10] Song, X., Liu, Z., Zeng, R., Liu, C. and Ye, W. (2019) The Efficacy and Safety of Angiojet Rheolytic Thrombectomy in the Treatment of Subacute Deep Venous Thrombosis in Lower Extremity. *Annals of Vascular Surgery*, **58**, 295-301. <https://doi.org/10.1016/j.avsg.2018.11.017>
- [11] Liu, Z., Fu, G., Gong, M., Zhao, B., Gu, J., Wang, T., *et al.* (2022) Angiojet Rheolytic Thrombectomy to Treat Inferior

- Vena Cava Filter-Related Thrombosis: Efficacy and Safety Compared with Large-Lumen Catheter Suction. *Frontiers in Cardiovascular Medicine*, **9**, Article ID: 837455. <https://doi.org/10.3389/fcvm.2022.837455>
- [12] Li, G.Q., Wang, L. and Zhang, X.C. (2021) AngioJet Thrombectomy versus Catheter-Directed Thrombolysis for Lower Extremity Deep Vein Thrombosis: A Meta-Analysis of Clinical Trials. *Clinical and Applied Thrombosis/Hemostasis*, **27**, 1-9. <https://doi.org/10.1177/10760296211005548>
 - [13] Vedantham, S., Goldhaber, S.Z., Julian, J.A., Kahn, S.R., Jaff, M.R., Cohen, D.J., *et al.* (2017) Pharmacomechanical Catheter-Directed Thrombolysis for Deep-Vein Thrombosis. *New England Journal of Medicine*, **377**, 2240-2252. <https://doi.org/10.1056/nejmoa1615066>
 - [14] Shen, Y., Wang, X., Jin, S., Zhang, R., Zhao, W. and Chen, G. (2019) Increased Risk of Acute Kidney Injury with Percutaneous Mechanical Thrombectomy Using AngioJet Compared with Catheter-Directed Thrombolysis. *Journal of Vascular Surgery: Venous and Lymphatic Disorders*, **7**, 29-37. <https://doi.org/10.1016/j.jvsv.2018.06.016>
 - [15] Roper, T., Amaran, M., Saha, P., Breen, C. and Game, D. (2021) Unclogging the Effects of the AngioJet® Thrombectomy System on Kidney Function: A Case Report. *Journal of Medical Case Reports*, **15**, Article No. 459. <https://doi.org/10.1186/s13256-021-03062-3>
 - [16] Razavi, C., Khalsa, B., Openshaw, L. and Razavi, M.K. (2022) Single-Session Treatment of Patients with Symptomatic Iliocaval and Iliofemoral Deep Vein Thrombosis: Technical Results of a Prospective Pilot Study. *Journal of Vascular and Interventional Radiology*, **33**, 183-188. <https://doi.org/10.1016/j.jvir.2021.10.011>
 - [17] Cournoyer-Rodrigue, J., Bui, T., Gilbert, P., Soulez, G., Perreault, P., Bouchard, L., *et al.* (2020) Percutaneous Thrombectomy with the Jeti8 Peripheral Thrombectomy System for the Treatment of Deep Vein Thrombosis. *Journal of Vascular and Interventional Radiology*, **31**, 444-453.e2. <https://doi.org/10.1016/j.jvir.2019.10.022>
 - [18] Lopez, R., DeMartino, R., Fleming, M., Bjarnason, H. and Neisen, M. (2019) Aspiration Thrombectomy for Acute Iliofemoral or Central Deep Venous Thrombosis. *Journal of Vascular Surgery: Venous and Lymphatic Disorders*, **7**, 162-168. <https://doi.org/10.1016/j.jvsv.2018.09.015>
 - [19] Robertson, B., Neville, E., Muck, A., Broering, M., Kulwicki, A., Kuhn, B., *et al.* (2022) Technical Success and Short-Term Results from Mechanical Thrombectomy for Lower Extremity Iliofemoral Deep Vein Thrombosis Using a Computer Aided Mechanical Aspiration Thrombectomy Device. *Journal of Vascular Surgery: Venous and Lymphatic Disorders*, **10**, 594-601. <https://doi.org/10.1016/j.jvsv.2021.11.002>
 - [20] Ota, R.A., Neves, G., Montalvan, V.C., Windisch, T. and Bushnaq, S. (2023) Mechanical Venous Thrombectomy Using Indigo Aspiration System: A Case Report. *Cureus*, **15**, e38241. <https://doi.org/10.7759/cureus.38241>
 - [21] Cavalcante, R.N., Nishinari, K., Centofanti, G., Krutman, M., De Fina, B., Sato, V.H., *et al.* (2024) The Role of Vacuum-Assisted Mechanical Thrombectomy in the Management of Acutely Thrombosed Arteriovenous Fistulas and Grafts. *The Journal of Vascular Access*, **25**, 113-118. <https://doi.org/10.1177/11297298221099469>
 - [22] Maldonado, T.S., Dexter, D.J., Kado, H., Schor, J., Annambhotla, S., Mojibian, H., *et al.* (2022) Outcomes from the Clotriever Outcomes Registry Show Symptom Duration May Underestimate Deep Vein Thrombus Chronicity. *Journal of Vascular Surgery: Venous and Lymphatic Disorders*, **10**, 1251-1259. <https://doi.org/10.1016/j.jvsv.2022.04.015>
 - [23] Abramowitz, S.D., Kado, H., Schor, J., Annambhotla, S., Mojibian, H., Marino, A.G., *et al.* (2023) Six-Month Deep Vein Thrombosis Outcomes by Chronicity: Analysis of the Real-World Clotriever Outcomes Registry. *Journal of Vascular and Interventional Radiology*, **34**, 879-887.e4. <https://doi.org/10.1016/j.jvir.2022.12.480>
 - [24] Jolly, M.A., Lockhart, M.M., Shah, D., Huff, C.M., Valenti, E.A., Phillips, J.A., *et al.* (2022) Outcomes from a Tertiary Care Center Using a Catheter Thrombectomy System for Managing Acute Iliofemoral Deep Vein Thrombosis. *Journal of Vascular Surgery: Venous and Lymphatic Disorders*, **10**, 1044-1050. <https://doi.org/10.1016/j.jvsv.2022.04.010>
 - [25] Mouawad, N.J. (2023) Percutaneous Mechanical Thrombectomy to Remove Post-Thrombotic Obstructions and Manage Post-Thrombotic Syndrome-Associated Venous Leg Ulceration. *Journal of Vascular Surgery: Venous and Lymphatic Disorders*, **11**, 964-971.e1. <https://doi.org/10.1016/j.jvsv.2023.05.011>
 - [26] Harmon, D., Dabaja, W. and Qaqi, O. (2020) A Novel Interventional Approach to Upper Extremity Swelling. *Journal of Vascular Surgery Cases, Innovations and Techniques*, **6**, 209-211. <https://doi.org/10.1016/j.jvscit.2020.02.010>
 - [27] Bozkurt, A., Kırbaş, İ., Kösehan, D., Demirçelik, B. and Nazlı, Y. (2015) Pharmacomechanical Thrombectomy in the Management of Deep Vein Thrombosis Using the Cleaner Device: An Initial Single-Center Experience. *Annals of Vascular Surgery*, **29**, 670-674. <https://doi.org/10.1016/j.avsg.2014.12.013>
 - [28] Köksoy, C., Yılmaz, M.F., Başbuğ, H.S., Çalik, E.S., Erkut, B., Kaygın, M.A., *et al.* (2014) Pharmacomechanical Thrombolysis of Symptomatic Acute and Subacute Deep Vein Thrombosis with a Rotational Thrombectomy Device. *Journal of Vascular and Interventional Radiology*, **25**, 1895-1900. <https://doi.org/10.1016/j.jvir.2014.08.018>
 - [29] Yuksel, A. and Tuydes, O. (2017) Midterm Outcomes of Pharmacomechanical Thrombectomy in the Treatment of Lower Extremity Deep Vein Thrombosis with a Rotational Thrombectomy Device. *Vascular and Endovascular Surgery*, **51**, 301-306. <https://doi.org/10.1177/1538574417708726>

-
- [30] Byun, J.H., Rennie, A., Huang, J. and Raja, J. (2025) Rotational Thrombectomy versus Balloon Maceration in Dialysis Access Salvage. *The Journal of Vascular Access*, **26**, 601-607. <https://doi.org/10.1177/11297298241234990>
- [31] Farrokhi, M., Khurshid, M., Mohammadi, S., Yarmohammadi, B., Bahramvand, Y., Nasrollahi, E., *et al.* (2022) Comparison of Ultrasound-Accelerated versus Conventional Catheter-Directed Thrombolysis for Deep Vein Thrombosis: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Vascular*, **30**, 365-374. <https://doi.org/10.1177/17085381211010532>
- [32] Shi, Y., Shi, W., Chen, L. and Gu, J. (2018) A Systematic Review of Ultrasound-Accelerated Catheter-Directed Thrombolysis in the Treatment of Deep Vein Thrombosis. *Journal of Thrombosis and Thrombolysis*, **45**, 440-451. <https://doi.org/10.1007/s11239-018-1629-y>
- [33] Zaghloul, D., Jenkins, J. and Franz, R. (2016) Ekosonic Thrombolysis as a Therapeutic Adjunct in Venous Occlusive Disease. *International Journal of Angiology*, **25**, 203-209. <https://doi.org/10.1055/s-0036-1580698>
- [34] Notten, P., ten Cate-Hoek, A.J., Arnoldussen, C.W.K.P., Strijkers, R.H.W., de Smet, A.A.E.A., Tick, L.W., *et al.* (2020) Ultrasound-Accelerated Catheter-Directed Thrombolysis versus Anticoagulation for the Prevention of Post-Thrombotic Syndrome (CAVA): A Single-Blind, Multicentre, Randomised Trial. *The Lancet Haematology*, **7**, e40-e49. [https://doi.org/10.1016/s2352-3026\(19\)30209-1](https://doi.org/10.1016/s2352-3026(19)30209-1)
- [35] Iding, A.F.J., Alkarithi, G., Cate, H.t., Ariëns, R.A.S. and ten Cate-Hoek, A.J. (2024) Fibrinogen Levels and Clot Properties Identify Patients Who Benefit from Catheter-Directed Thrombolysis after DVT. *Blood Advances*, **8**, 2924-2932. <https://doi.org/10.1182/bloodadvances.2023012493>
- [36] Du, G., Zhang, M. and Zhao, J. (2015) Catheter-Directed Thrombolysis Plus Anticoagulation versus Anticoagulation Alone in the Treatment of Proximal Deep Vein Thrombosis—A Meta-Analysis. *Vasa*, **44**, 195-202. <https://doi.org/10.1024/0301-1526/a000430>
- [37] Lin, P.H., Zhou, W., Dardik, A., Mussa, F., Kougias, P., Hedayati, N., *et al.* (2006) Catheter-Direct Thrombolysis versus Pharmacomechanical Thrombectomy for Treatment of Symptomatic Lower Extremity Deep Venous Thrombosis. *The American Journal of Surgery*, **192**, 782-788. <https://doi.org/10.1016/j.amjsurg.2006.08.045>
- [38] Kim, H.S., Patra, A., Paxton, B.E., Khan, J. and Streiff, M.B. (2006) Catheter-Directed Thrombolysis with Percutaneous Rheolytic Thrombectomy versus Thrombolysis Alone in Upper and Lower Extremity Deep Vein Thrombosis. *Cardio-Vascular and Interventional Radiology*, **29**, 1003-1007. <https://doi.org/10.1007/s00270-005-0341-4>
- [39] Carrier, M., Le Gal, G., Wells, P.S. and Rodger, M.A. (2010) Systematic Review: Case-Fatality Rates of Recurrent Venous Thromboembolism and Major Bleeding Events among Patients Treated for Venous Thromboembolism. *Annals of Internal Medicine*, **152**, 578-589. <https://doi.org/10.7326/0003-4819-152-9-201005040-00008>
- [40] Ansell, J.E. (2016) Management of Venous Thromboembolism: Clinical Guidance from the Anticoagulation Forum. *Journal of Thrombosis and Thrombolysis*, **41**, 1-2. <https://doi.org/10.1007/s11239-015-1320-5>