



doi:10.7659/j.issn.1005-6947.2022.06.007
http://dx.doi.org/10.7659/j.issn.1005-6947.2022.06.007
Chinese Journal of General Surgery, 2022, 31(6):753-759.

· 专题研究 ·

AngioJet 机械性血栓抽吸术治疗急性肺栓塞的疗效与安全性：附3例报告并文献回顾

何楠, 唐小斌, 梁紫轲, 张腾飞, 刘博文, 陈忠

(首都医科大学附属北京安贞医院 血管外科中心, 北京 100011)

摘要

背景与目的: 目前对于高危急性肺栓塞 (PE) 患者的治疗策略均存在增加包括颅内出血等严重出血事件的风险。AngioJet 机械性血栓抽吸术 (ART) 在高压脉冲注射溶栓药溶解、粉碎血栓的同时, 允许在段级肺动脉分支上进行抽吸, 对于急性 PE 理论上是一种有效的措施, 但其安全性需进一步评估。本研究回顾3例采用 ART 治疗急性 PE 的患者的病例资料, 分析 ART 治疗急性 PE 的安全性及有效性。

方法: 回顾 2021 年 6 月—2021 年 9 月于首都医科大学附属北京安贞医院血管外科 3 例行 ART 治疗的急性 PE 患者病例资料, 比较患者生命体征变化及 PE 相关数据, 分析 ART 治疗的安全与有效性。

结果: ART 手术成功率 100%, 所有患者 ART 后收缩期肺动脉压、三尖瓣环收缩期位移、右室内径/左室内径、血氧饱和度、B 型利钠肽水平均较术前得到明显改善。3 例患者均出现一过性心动过缓, 对症治疗后均缓解。所有患者围术期未出现严重手术相关并发症。1 例患者因“冠心病、感染中毒性休克、缺血缺氧性脑病”于术后 36 d 死亡, 2 例随访 3 个月, 期间患者肺动脉压力、右心功能均得到明显恢复。

结论: ART 对于急性高危和中高危 PE 患者是安全有效的, 为了减少 ART 相关并发症, 应在术中动作轻柔, 严格把控抽吸时间, 操作过程中密切关注患者血压心率变化, 必要时吸栓后追加使用低剂量溶栓药物, 同时围术期充分水化, 减少造影剂应用, 以减少肾脏负担, 避免急性肾功能不全发生。

关键词

肺栓塞; 血栓切除术; 机械溶栓

中图分类号: R654.3

Efficacy and safety of AngioJet rheolytic thrombectomy for acute pulmonary embolism: a report of 3 cases and literature review

HE Nan, TANG Xiaobin, LIANG Zike, ZHANG Tengfei, LIU Bowen, CHEN Zhong

(Center for Vascular Surgery, Beijing Anzhen Hospital, Capital Medical University, Beijing 100011, China)

Abstract

Background and Aims: All the current treatment strategies for high-risk acute pulmonary embolism (PE) patients will increase the risk of serious bleeding events that include the intracranial bleeding. AngioJet rheolytic thrombectomy (ART) enables a high-pressure pulse injection of thrombolytic agents

收稿日期: 2022-04-07; 修订日期: 2022-05-29。

作者简介: 何楠, 首都医科大学附属北京安贞医院副主任医师, 主要从事静脉血栓栓塞症、深静脉血栓形成和 (或) 肺栓塞血管疾病方面的研究。

通信作者: 唐小斌, Email: tangxiaobin111@sina.com

to break down and dissolve the blood clots, and meanwhile allows aspiration in the pulmonary artery branches at the segmental level, which is theoretically an effective approach for acute PE. However, its safety needs to be further assessed. This study was conducted to analyze the safety and efficacy of ART for the treatment of acute PE by reviewing the data of 3 patients with acute PE treated with ART.

Methods: The clinical data of three patients with acute PE treated by ART in the Center of Vascular Surgery of Beijing Anzhen Hospital, Capital Medical University from June 2021 to September 2021 were reviewed. The safety and effectiveness of ART treatment were evaluated by comparing the changes in vital signs and PE-related data of the patients.

Results: The technical success rate of ART was 100%. After ART, systolic pulmonary artery pressure, systolic displacement of the tricuspid ring, right ventricular diameter/left ventricular diameter ratio, blood oxygen saturation and B-type natriuretic peptide level were significantly improved in all patients. Transient bradycardia occurred in all the 3 patients, which was relieved after symptomatic treatment. No serious complications associated with surgery occurred in all patients during perioperative period. One patient died due to coronary heart disease, infectious-toxic shock, and ischemic hypoxic encephalopathy at 36 d after operation. The other two patients were followed-up for 3 months, and the pulmonary arterial pressure and right heart function of them were significantly recovered.

Conclusion: ART is a safe and effective method for patients with intermediate high-risk and high-risk acute PE. For reducing the ART-related complications, manipulation should be gentle, aspiration time should be strictly controlled, and close attention should be paid to the changes in blood pressure and heart rate of patients during the operation, and supplementation of low dose thrombolytic agent should be considered after ART if necessary. Meanwhile, adequate perioperative hydration and reduced use of the contrast agent can decrease the renal burden, so as to avoid the occurrence of acute renal insufficiency.

Key words

Pulmonary Embolism; Thrombectomy; Mechanical Thrombolysis

CLC number: R654.3

静脉血栓栓塞症 (venous thromboembolism, VTE) 临床表现为深静脉血栓形成 (deep vein thrombosis, DVT) 和 (或) 肺栓塞 (pulmonary embolism, PE), 是全球第三大常见的急性心血管综合征, 仅次于心肌梗死和脑卒中^[1]。PE 的年发病率为 0.39‰~1.15‰, 可能导致美国每年≤30 万例死亡^[2]。欧洲心脏病学会/欧洲呼吸学会 2019 年 PE 指南^[1]基于高、中高、中低和低风险组的定义, 推荐对高危患者采取全身静脉溶栓 (手术或介入) 再灌注治疗, 此外, 对于出现血流动力学不稳定的患者, 也推荐进行补救性溶栓治疗 (thrombolytic treatment, TT); 导管溶栓治疗 (catheter directed treatments, CDT) 作为补救性 TT 的替代方案应予以考虑^[1]。虽然 TT 可以改善右心室功能紊乱和血流动力学, 但是增加了包括颅内出血等严重出血事件的风险^[3]。

近年出现的 AngioJet 机械性血栓抽吸术 (AngioJet rheolytic thrombectomy, ART) 是一种依据伯努利原理, 在高压脉冲注射溶栓药溶解、粉碎血栓的同时, 导管头端负压区机械性抽吸血栓的技术, AngioJet 的特殊设计允许在段级肺动脉分支上进行抽吸, 对于急性 PE 似乎是一种有效的措施, 但其安全性需进一步探索^[4-7]。本研究回顾性分析 3 例接受 ART 治疗的中高危急性 PE 患者的临床资料, 分析其有效性和安全性, 现报告如下。

1 临床资料

1.1 病例资料

患者 1 女性, 62 岁, 因“活动后喘憋 2 周, 加重 1 h”入院。入院血压 (blood pressure, BP): 82/67 mmHg (1 mmHg=0.133 kPa), 呼吸频率

(respiratory rate, RR): 23 次/min, 心率 (heart rate, HR): 110 次/min, 血氧饱和度: 91%。化验结果: D-二聚体 (D-Dimer): 205 920 ng/mL (参考值: 0~243 ng/mL), pH: 7.483 (参考值: 7.35~7.45), 二氧化碳分压 (pCO₂): 31.8 mmHg (参考值: 35~48 mmHg, 1 mmHg=0.133 kPa), 氧分压 (pO₂): 124 mmHg (参考值: 83~108 mmHg), 乳酸 (lactic acid, Lac): 3.4 mmol/L (参考值: 0.5~1.6 mmol/L), 肌酸激酶-MB 同工酶 (creatinase kinase, CK-MB): 16.6 ng/mL (参考值: 0.6~6.3 ng/mL), 心肌肌钙蛋白 I (cardiac troponin, hsTnI): 1 933.1 pg/mL (参考值: 0~19.8 pg/mL), 乳酸脱氢酶 (lactate dehydrogenase, LDH): 19 404 U/L (参考值: 120~250 U/L), B 型利钠肽 (B-type natriuretic peptide, BNP): 649 pg/mL (参考值: 0~100 pg/mL)。检查结果: 双下肢深浅静脉彩超: 双侧股浅、腘、胫后及小腿肌间静脉血栓形成, 超声心动图: 收缩期肺动脉压 (systolic pulmonary arterial pressure, SPAP): 83 mmHg, 三尖瓣环收缩期位移 (tricuspid annular plane systolic excursion, TAPSE): 11 mm; 肺动脉计算机断层血管造影术 (computed tomography angiography, CTA): 双侧肺动脉及叶、段分支内多发充盈缺损。简化肺栓塞严重度指数 (simplified pulmonary embolism severity index, sPESI) 评分 2 分, PE 危险程度分层为高危, 入院后予肝素泵入, 急诊行 AngioJet 机械性血栓抽吸术+下腔静脉滤器置入术, 手术过程顺利, 术后造影可见血栓大部分清除, 肺血流灌注明显改善, 术中出现一过性心率过缓, 停止操作后恢复。术后患者自觉喘憋症状消失, BP: 143/82 mmHg, RR: 23 次/min, HR: 102 次/min, 血氧饱和度 100%。化验结果: D-Dimer: 12 031 ng/mL, pH: 7.432, pCO₂: 35.8 mmHg, pO₂: 145 mmHg, Lac: 2.5 mmol/L, CK-MB: 2.9 ng/mL, hsTnI: 122.6 pg/mL, LDH: 1 148 U/L, BNP: 84 pg/mL。检查结果: 超声心动图 SPAP: 38 mmHg, TAPSE: 18 mm, 后顺利出院。术后 3 个月复查, 无喘憋症状, 活动耐量可, 超声心动图: SPAP: 40 mmHg, TAPSE: 20 mm。

患者 2 男性, 48 岁, 因“活动后胸闷、喘憋 4 d”入院。入院 BP: 116/90 mmHg, RR: 24 次/分, HR: 129 次/min, 氧饱和度: 93%。化验结果: D-Dimer: 2 397 ng/mL, pH: 7.495, pCO₂: 25.5 mmHg, pO₂: 80.3 mmHg, Lac: 2.0 mmol/L, CK-MB: 5.7 ng/mL,

hsTnI: 70 pg/mL, LDH: 264 U/L, BNP: 568 pg/mL。检查结果: 双下肢深浅静脉彩超: 左侧股浅中远段、腘、胫后及小腿肌间静脉血栓形成, 超声心动图 SPAP: 88 mmHg, TAPSE: 14 mm; 肺动脉 CTA: 多发肺栓塞, 累及左右肺动脉主干及其分支。sPESI 评分 1 分, 肺栓塞危险程度分层为中高危, 入院后予肝素泵入, 效果不佳, 复查 D-Dimer 危急值: 24 139 ng/mL (0~243 ng/mL), 遂行 AngioJet 机械性血栓抽吸术+下腔静脉滤器置入术, 手术过程中血栓抽吸效果不佳, 造影可见血栓未明显清除, 考虑亚急性血栓, 遂予局部低剂量 rt-PA 18 mg 溶栓, 等待溶栓药局部作用 30 min, 再次抽吸血栓后造影可见肺血流灌注明显改善, 术中出现一过性心率过缓, 停止操作后恢复。术后患者自觉喘憋症状好转, BP: 122/78 mmHg, RR: 25 次/min, HR: 105 次/min, 血氧饱和度 96%。化验结果: D-Dimer: 1 043 ng/mL, pH: 7.369, pCO₂: 35.5 mmHg, pO₂: 83 mmHg, Lac: 1.5 mmol/L, CK-MB: 0.9 ng/mL, hsTnI: 2.9 pg/mL, BNP: 59 pg/mL。检查结果: 超声心动图: SPAP: 44 mmHg, TAPSE: 19 mm, 后顺利出院。术后 3 个月复查, 无喘憋症状, 活动耐量可, 超声心动图: 无肺动脉高压, TAPSE: 19 mm。

患者 3 女性, 47 岁, 冠脉搭桥术后第 9 天突发心率、血压下降, 意识丧失, BP: 53/19 mmHg, HR: 39 次/min, RR: 15~30 次/min, 氧饱和度 86%, 化验结果: D-Dimer: 7 996 ng/mL, pH: 7.093, pCO₂: 57.6 mmHg, pO₂: 523 mmHg, Lac: 24.0 mmol/L, CK-MB: 39.4 ng/mL, hsTnI: 14 043.0 pg/mL, LDH: 2 474 U/L, BNP: 1 113.0 pg/mL。予胸外按压复苏同时急诊超声心动图: 右心扩大, 肺动脉主干疑似血栓形成, SPAP: 89 mmHg, TAPSE: 9 mm, 双下肢深浅静脉彩超: 双下肢静脉未见明显阻塞; 体外膜肺氧合 (extracorporeal membrane oxygenation, ECMO) 置入后患者恢复自主心率, 但无自主呼吸, 予肝素泵入, 急诊行 AngioJet 机械性血栓抽吸术, 术中明确左侧肺动脉主干栓塞, 右侧肺动脉一级分支栓塞, 手术过程顺利, 术后造影可见血栓大部分清除, 肺血流灌注明显改善, 术中恢复自主呼吸, 出现一过性心率过缓, 停止操作后恢复。术后患者昏迷状态, BP: 118/89 mmHg, RR: 15 次/min, HR: 75 次/min, 血氧饱和度 95%。化验结果: D-Dimer: 1 837 ng/mL,

pH: 7.566, pCO₂: 38.1 mmHg, pO₂: 63 mmHg, Lac: 4.8 mmol/L, CK-MB: 12 ng/mL, hsTnI: 2 587.7 pg/mL, BNP: 509 pg/mL。检查结果: 超声心动图 SPAP: 33 mmHg, TAPSE: 16 mm。术后第36天, 患者因“冠心病、感染中毒性休克、缺血缺氧性脑病”死亡。

1.2 治疗经过与随访

2例患者行非插管全麻, 1例患者行气管插管全麻, 麻醉满意后, 穿刺右侧颈内静脉, 置入6-F鞘管, 经鞘引入MPA导管配合超滑导丝至下腔静脉下段, 于肾静脉开口下方下腔静脉内放置Cordis滤器, 造影可见滤器位置良好(患者1及患者2); 改为8-F长鞘管送入右心室, MPA导管配合超滑导丝选择入主肺动脉内, 根据造影及术前肺动脉CTA结果定位于栓塞部位, 送入Boston AngioJet 6-F血栓抽吸导管, 调节抽栓模式同一位置抽吸3次后造影, 若血栓清除不佳, 可调节为喷药模式, 于同侧肺动脉主干局部喷洒rtPA后等待30 min(患者2), 再次调节为抽吸模式在血栓处反复抽吸, 每次抽吸时间<10 s, 抽吸完成后再次行造影观察肺动脉情况, 压迫穿刺点止血。所有患者围术期未出现严重手术相关并发症(无法控制心动过缓、停搏、急性肾功能不全、高钾血症等); 随访3个月结果提示2例患者肺动脉压力、右心功能均得到明显恢复。

2 讨论与文献复习

PE具有起病隐匿、发展迅速、病死率高等特点, 已成为全球第三大致死性心血管疾病, 新近国际注册登记研究^[8]显示, PE的7 d全因病死率为1.9%~2.9%, 30 d全因病死率为4.9%~6.6%。治疗PE的目标是降低短期病死率和预防长期肺动脉高压。对于高危PE患者, 通常应用全身静脉溶栓治疗, 但是根据一项纳入2 392例PE患者的ICOPER注册研究^[9]发现, 2/3的PE患者存在溶栓禁忌证, 此外, 系统溶栓造成大出血的概率高达20%, 颅内出血发生率达3%^[10]。单纯的抗凝治疗对于早期改善右室功能效果甚微, 同时慢性血栓栓塞性肺动脉高压(chronic thromboembolic pulmonary hypertension, CTEPH)是PE的一个严重并发症, 不充分的抗凝、较大的血栓负荷、残余血栓以及反复VTE是CTEPH的主要致病因素, 因此恢复肺

动脉的再灌注对于早期改善右心功能以及预防CTEPH来说是必要的。

外科肺动脉血栓切除术是一种有效的措施, 但有研究显示其病死率高达19%^[11], 同时由于其难度高, 对医疗中心的技术要求高等原因, 很难普遍开展。近年随着腔内治疗的发展, 经皮导管相关技术治疗PE已成为研究热点, 介入治疗是通过血管腔内技术迅速开通肺动脉, 降低肺动脉压, 增加肺动脉灌流量, 尤其适应于APE危重患者^[12], 包括CDT, 经皮导管碎栓术以及ART。相比于系统性溶栓治疗, CDT理论上溶栓药物剂量较小、出血风险更小等优点, 但最新一项荟萃分析结果显示CDT的30 d主要出血事件发生率为1.7%~14.2%^[13], 因此目前尚不提倡肺动脉内溶栓^[14]。经皮导管碎栓术概念简单, 技术要求相对较低, 但是其对亚急性血栓效果较差, 且可能会造成破碎的血栓栓塞远端肺动脉分支, 从而导致远端闭塞, 影响血流动力学, 因此限制了其临床应用。AngioJet是一种流变抽栓装置, 其利用伯努利原理和文丘里效应, 在局部利用高速流动的液体产生负压吸入血栓, 并利用高速喷射水流击碎血栓并经导管送出体外。在抽栓之前, 还可通过导管喷药模式局部喷洒溶栓药物, 促进血栓溶解, 血栓有效清除率高达67.3%~95%^[15]。ART最初适应证为DVT和急性冠脉栓塞事件, 由于其在治疗DVT方面获得较满意的疗效^[16], 故有中心尝试将其应用在PE患者中。

在一项对接受ART治疗的PE患者进行的早期荟萃分析^[17]中, 主要、次要并发症发生率及手术相关的病死率分别为28%、40%和7.35%, 并且76%的主要并发症可归因于ART, 因而不建议ART作为急性大面积PE患者的初始机械治疗。同时美国食品及药物管理局在ART设备标签上发布了对于急性PE患者的黑框警告。但近年来, 越来越多的研究^[4,18]证实了ART在治疗急性高危和中高危PE中的有效性和安全性。在早期, Margheri等^[18]对25例患者进行回顾性研究显示, 高危患者可能在此手术中获得明显收益。Chechi等^[19]研究显示, ART手术技术成功率达92.2%, 同时提出应在症状出现后的0.5~72 h内进行。Latacz等^[20]进行的一项单中心前瞻性研究显示, ART治疗中危或高危PE患者, 尤其是合并溶栓禁忌证患者, 手术对患者相对安全、有效, 但该研究没有对细小肺动脉分

支进行吸栓, 研究表明对较粗血栓堵塞管腔行2~5次吸栓, 平均吸栓时间不超过7~10 s; 并且吸栓后管腔内存在30%以下残余血栓是可以接受的。一项包括32例高危(71.9%)和中高危(28.1%) PE患者的研究^[21]中, 技术成功率为100%, 其中96.9%的患者存活到出院。在ART治疗48 h内, 所有患者的右室功能和肺动脉压力都得到了改善, 但该研究仅对>6 mm的血管进行抽吸, 对较小的血管未进行系统抽吸; 该研究还特别指出血流动力学和呼吸改善也可以是手术成功的标志, 其改善可以减少抽吸次数, 防止反复抽吸对血管造成损伤。最新的两项研究^[6,22]同样提示, PE患者经ART治疗后, 临床、血流动力学以及血管造影参数得到显著改善, 包括休克指数、血氧饱和度、肺动脉压力、右室/左室内径比值以及肺动脉通畅等, 这与本研究结果一致。在国内同样有少数中心尝试应用, 且均取得满意效果^[22-25]。侯欣等^[23]研究表明ART联合CDT治疗急性PE患者的技术成功率为100% (20/20), 术中所有患者均出现一过性心动过缓和不同程度的心律失常, 2例患者出现严重的心律失常, 3例患者出现心脏骤停, AngioJet抽栓系统主要作用于肺动脉主干或次级动脉, 要求血管直径>3 mm, 否则操作中可能导致肺动脉血管破裂, CDT导管的管径更小, 可以使次级肺动脉内的血栓迅速消溶, 及时改善肺血流和右心功能, 减少或避免休克或低血压的发生, 降低患者病死率及后期慢性血栓栓塞性肺动脉高压的发生率^[26]。毛由军等^[24]对比了ART+CDT和单独CDT治疗急性PE的安全性, ART+CDT组患者尿激酶使用量 $[(72.5 \pm 44.4)$ 万IU]和导管留置时间 $[(1.0 \pm 0.89)$ d]均优于单独CDT $[(169.0 \pm 59.3)$ 万IU; (2.65 ± 0.86) d]。

本研究3例患者术前BNP、hsTnI、肺动脉压力均显著升高, 提示右心功能受损严重, 影像学提示肺动脉栓塞, 从而导致肺动脉压力增高, 右心后负荷增加, 导致功能受损, 2例患者同时出现左心功能受限, 心排量降低, 体循环低血压的情况, 因此, 迅速减少血栓负荷、降低肺动脉压力、恢复肺循环及体循环灌注是降低病死率、改善预后的关键。3例患者中, 患者1及患者3属于急性高危PE, 患者2属于急性中高危PE抗凝效果不佳, 3例患者ART技术成功率100%, 术后肺动脉压力、右左心室内径比值、血氧饱和度均得到

有效改善, 肺循环及体循环灌注恢复, 生命体征平稳。2例患者术前下肢静脉彩超提示血栓形成, 术中放置下腔静脉滤器。所有患者术后血流动力学和呼吸状态方面取得了明显改善, 心率、血压和氧合恢复正常, 且手术耐受性良好, 无严重并发症, 虽然出现手术相关的缓慢性心律失常, 但这些心律失常是自限性的, 不需要特殊治疗。同时3个月随访结果提示无CTEPH发生。

ART常见并发症包括心动过缓、血管损伤、高钾血症、血红蛋白尿等^[5]。其中, 短暂性慢性心律失常和停搏是最常见的并发症, 溶血时继发腺苷释放可能是其原因, 此现象同样在治疗冠脉、门静脉时出现, 并未有报道称在髂股静脉血栓治疗中出现, 因此有学者^[27]认为AngioJet装置离心脏距离越近, 心律失常发生率越高, 本研究3例患者均出现术中一过性心动过缓, 且发生在血栓抽吸过程中, 停止操作后心率恢复, 常规认为ART抽吸时间应<10 s, 且在实际操作过程中, 心动过缓通常发生在抽吸时间>7 s。Das等^[4]认为, 治疗目标是改善临床症状和血流动力学, 而不是完全清除血栓, 反复抽吸和延长运行时间与非出血性并发症有关, 如缓慢心律失常、血红蛋白尿和血小板减少症等。因此, 抽吸频率和单次抽吸时间应保持在最小值。因此, 为降低心律失常发生, ART操作过程中应动作轻柔, 每次抽吸时间<7 s为宜^[28], 可根据术中患者血压心率变化酌情调整, 对于出现心动过缓/停搏的患者, 应立即停止操作, 静脉注射阿托品等对症治疗。此外, 3例患者均为颈内静脉入路, 可能由于导管导丝走行迂曲, 刺激窦房结从而产生心律失常, 股静脉入路可能会降低心律失常发生率, 但还需进一步证实。高钾血症与血红蛋白尿同样与ART导致的溶血相关, 高钾血症可能会加剧电生理的不稳定性, 血红蛋白尿会导致PE患者肾功能恶化, 本研究3例患者均未出现血红蛋白尿和肾功能不全, 这与严格控制吸栓时间以及围术期充分水化、碱化尿液有关。

本研究有一定的局限性, 此为单中心回顾性研究, 且样本量较少, 可能会造成偏倚, 且随访时间较短, 无法证实其远期疗效, 也未与其他治疗方式效果进行比较。在未来的研究中, 应进行前瞻性研究, 扩大样本量且延长随访周期, 与CDT等其他急性PE介入治疗手段进行对比, 以期证实ART治疗急性PE的安全性及有效性。

综上所述, ART对于急性高危和中高危PE来说可能是安全有效的, 为了减少ART相关并发症, 应在术中动作轻柔, 严格把控抽吸时间, 操作过程中密切关注患者血压心率变化, 必要时吸栓后追加使用低剂量溶栓药物, 同时围术期充分水化, 减少造影剂应用, 以减少肾脏负担, 避免急性肾功能不全发生。

利益冲突: 所有作者均声明不存在利益冲突。

参考文献

- [1] 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): the Task Force for the diagnosis and management of acute pulmonary embolism of the European Society of Cardiology (ESC) [J]. *Eur Respir J*, 2019, 54(3): 1901647. doi: [10.1183/13993003.01647-2019](https://doi.org/10.1183/13993003.01647-2019).
- [2] Wendelboe AM, Raskob GE. Global burden of thrombosis: epidemiologic aspects[J]. *Circ Res*, 2016, 118(9): 1340-1347. doi: [10.1161/CIRCRESAHA.115.306841](https://doi.org/10.1161/CIRCRESAHA.115.306841).
- [3] Marti C, John G, Konstantinides S, et al. Systemic thrombolytic therapy for acute pulmonary embolism: a systematic review and meta-analysis[J]. *Eur Heart J*, 2015, 36(10):605-614. doi: [10.1093/eurheartj/ehu218](https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehu218).
- [4] Das S, Das N, Serota H, et al. A retrospective review of patients with massive and submassive pulmonary embolism treated with AngioJet rheolytic thrombectomy with decreased complications due to changes in thrombolytic use and procedural modifications[J]. *Vascular*, 2018, 26(2):163-168. doi: [10.1177/1708538117722728](https://doi.org/10.1177/1708538117722728).
- [5] Villalba L, Nguyen T, Feitosa RL Jr, et al. Single-session catheter-directed lysis using adjunctive power-pulse spray with AngioJet for the treatment of acute massive and submassive pulmonary embolism[J]. *J Vasc Surg*, 2019, 70(6):1920-1926. doi: [10.1016/j.jvs.2019.03.038](https://doi.org/10.1016/j.jvs.2019.03.038).
- [6] Li K, Cui MZ, Zhang KW, et al. Treatment of acute pulmonary embolism using rheolytic thrombectomy[J]. *EuroIntervention*, 2021, 17(2):e158-166. doi: [10.4244/EIJ-D-20-00259](https://doi.org/10.4244/EIJ-D-20-00259).
- [7] Hsu MC, Weber CN, Mohammed MA, et al. Thermal changes during rheolytic mechanical thrombectomy[J]. *J Vasc Interv Radiol*, 2016, 27(6):905-912. doi: [10.1016/j.jvir.2016.02.008](https://doi.org/10.1016/j.jvir.2016.02.008).
- [8] Jiménez D, de Miguel-Díez J, Guijarro R, et al. Trends in the management and outcomes of acute pulmonary embolism: analysis from the RIETE registry[J]. *J Am Coll Cardiol*, 2016, 67(2): 162-170. doi: [10.1016/j.jacc.2015.10.060](https://doi.org/10.1016/j.jacc.2015.10.060).
- [9] Terrin M, Goldhaber SZ, Thompson B. Selection of patients with acute pulmonary embolism for thrombolytic therapy. Thrombolysis in pulmonary embolism (TIPE) patient survey. The TIPE Investigators[J]. *Chest*, 1989, 95(5 Suppl):279S-281S.
- [10] Kucher N, Boekstegers P, Müller OJ, et al. Randomized, controlled trial of ultrasound-assisted catheter-directed thrombolysis for acute intermediate-risk pulmonary embolism[J]. *Circulation*, 2014, 129(4):479-486. doi: [10.1161/CIRCULATIONAHA.113.005544](https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.113.005544).
- [11] Samoukovic G, Malas T, DeVarennes B. The role of pulmonary embolectomy in the treatment of acute pulmonary embolism: a literature review from 1968 to 2008[J]. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*, 2010, 11(3):265-270. doi: [10.1510/icvts.2009.228361](https://doi.org/10.1510/icvts.2009.228361).
- [12] 曾昭凡, 肖占祥, 戚悠飞, 等. 双介入方法治疗下肢深静脉血栓并发急性肺栓塞: 附21例报告[J]. *中国普通外科杂志*, 2014, 23(6): 807-810. doi: [10.7659/j.issn.1005-6947.2014.06.019](https://doi.org/10.7659/j.issn.1005-6947.2014.06.019).
Zeng ZF, Xiao ZX, Qi YF, et al. Double intervention for lower extremity deep vein thrombosis with secondary acute pulmonary embolism: a report of 21 cases[J]. *Chinese Journal of General Surgery*, 2014, 23(6): 807-810. doi: [10.7659/j.issn.1005-6947.2014.06.019](https://doi.org/10.7659/j.issn.1005-6947.2014.06.019).
- [13] Avgerinos ED, Saadeddin Z, Abou Ali AN, et al. A meta-analysis of outcomes of catheter-directed thrombolysis for high-and intermediate-risk pulmonary embolism[J]. *J Vasc Surg Venous Lymphat Disord*, 2018, 6(4): 530-540. doi: [10.1016/j.jvsv.2018.03.010](https://doi.org/10.1016/j.jvsv.2018.03.010).
- [14] Zuo ZL, Yue JR, Dong BR, et al. Thrombolytic therapy for pulmonary embolism[J]. *Cochrane Database Syst Rev*, 2021, 4(4): CD004437. doi: [10.1002/14651858.CD004437.pub6](https://doi.org/10.1002/14651858.CD004437.pub6).
- [15] Ierardi AM, Xhepa G, Piffaretti G, et al. Clinical experience with Angiojet: a comprehensive review[J]. *Int Angiol*, 2015, 34(6 Suppl 1):1-14.
- [16] 黄家麒, 卢化祥, 刘晓兵, 等. Angiojet机械吸栓治疗在手术相关下肢深静脉血栓患者中的应用及疗效[J]. *中国普通外科杂志*, 2019, 28(6):654-660. doi: [10.7659/j.issn.1005-6947.2019.06.002](https://doi.org/10.7659/j.issn.1005-6947.2019.06.002).
Huang JQ, Lu HX, Liu XB, et al. Application of Angiojet mechanical thrombectomy in patients with postoperative deep venous thrombosis and its efficacy[J]. *Chinese Journal of General Surgery*, 2019, 28(6): 654-660. doi: [10.7659/j.issn.1005-6947.2019.06.002](https://doi.org/10.7659/j.issn.1005-6947.2019.06.002).
- [17] Kuo WT, Gould MK, Louie JD, et al. Catheter-directed therapy for the treatment of massive pulmonary embolism: systematic review and meta-analysis of modern techniques[J]. *J Vasc Interv Radiol*, 2009, 20(11):1431-1440. doi: [10.1016/j.jvir.2009.08.002](https://doi.org/10.1016/j.jvir.2009.08.002).
- [18] Margheri M, Vittori G, Vecchio S, et al. Early and long-term clinical results of AngioJet rheolytic thrombectomy in patients with

- acute pulmonary embolism[J]. Am J Cardiol, 2008, 101(2): 252-258. doi: 10.1016/j.amjcard.2007.07.087.
- [19] Chechi T, Vecchio S, Spaziani G, et al. Rheolytic thrombectomy in patients with massive and submassive acute pulmonary embolism[J]. Catheter Cardiovasc Interv, 2009, 73(4): 506-513. doi: 10.1002/ccd.21858.
- [20] Latacz P, Simka M, Brzegowy P, et al. Treatment of high- and intermediate-risk pulmonary embolism using the AngioJet percutaneous mechanical thrombectomy system in patients with contraindications for thrombolytic treatment - a pilot study[J]. Wideochir Inne Tech Maloinwazyjne, 2018, 13(2): 233-242. doi: 10.5114/wiitm.2018.75848.
- [21] Akbal ÖY, Keskin B, Tokgöz HC, et al. A seven-year single-center experience on AngioJet rheolytic thrombectomy in patients with pulmonary embolism at high risk and intermediate-high risk[J]. Anatol J Cardiol, 2021, 25(12): 902-911. doi: 10.5152/AnatolJCardiol.2021.28303.
- [22] 李应敬, 任建庄, 段旭华, 等. Angiojet抽栓装置对急性中危肺栓塞的治疗价值[J]. 临床放射学杂志, 2021, 40(9):1794-1798. doi: 10.13437/j.cnki.jcr.2021.09.028.
- Li YJ, Ren JZ, Duan XH, et al. The value of angiojet thrombectomy in the treatment of acute intermediate-risk pulmonary embolism[J]. Journal of Clinical Radiology, 2021, 40(9): 1794-1798. doi: 10.13437/j.cnki.jcr.2021.09.028.
- [23] 侯欣, 金松, 王凯峰, 等. AngioJet流变抽栓系统联合导管接触性溶栓治疗急性高危肺动脉栓塞的疗效[J]. 血管与腔内血管外科杂志, 2021, 7(6): 691-697. doi: 10.19418/j.cnki.issn2096-0646.2021.06.13.
- Hou X, Jin S, Wang KF, et al. Efficacy of AngioJet rheological thrombectomy system combined with catheter contact thrombolysis in the treatment of acute high-risk pulmonary embolism[J]. Journal of Vascular and Endovascular Surgery, 2021, 7(6): 691-697. doi: 10.19418/j.cnki.issn2096-0646.2021.06.13.
- [24] 毛由军, 朱礼炜, 李承龙, 等. 机械性血栓抽吸系统治疗急性肺动脉栓塞的近期疗效[J]. 中华普通外科杂志, 2018, 33(6):478-481. doi:10.3760/cma.j.issn.1007-631X.2018.06.011.
- Mao YJ, Zhu LW, Li CL, et al. Effects of AngioJet mechanical thrombus aspiration system for patients of acute pulmonary embolism[J]. Zhong Hua Pu Tong Wai Ke Za Zhi, 2018, 33(6):478-481. doi:10.3760/cma.j.issn.1007-631X.2018.06.011.
- [25] 公茂峰, 顾建平, 楼文胜, 等. AngioJet血栓清除术补救溶栓失败的急性大面积肺栓塞初步临床研究[J]. 中华放射学杂志, 2021, 55(8):865-870. doi:10.3760/cma.j.cn112149-20200909-01072.
- Gong MF, Gu JP, Lou WS, et al. Clinical study of AngioJet thrombectomy for rescue treatment of acute massive pulmonary embolism after unsuccessful thrombolysis: preliminary results[J]. Chinese Journal of Radiology, 2021, 55(8): 865-870. doi: 10.3760/cma.j.cn112149-20200909-01072.
- [26] Jacobs B, Henke PK. Evidence-based therapies for pharmacologic prevention and treatment of acute deep vein thrombosis and pulmonary embolism[J]. Surg Clin North Am, 2018, 98(2): 239-253. doi: 10.1016/j.suc.2017.11.001.
- [27] Dwarka D, Schwartz SA, Smyth SH, et al. Bradyarrhythmias during use of the AngioJet system[J]. J Vasc Interv Radiol, 2006, 17(10):1693-1695. doi: 10.1097/01.RVI.0000236629.26319.65.
- [28] 刘恒, 崔明哲, 李卫校, 等. AngioJet肺动脉血栓清除术中心律失常5例及文献回顾[J]. 中华血管外科杂志, 2020, 5(1):49-52. doi: 10.3760/cma.j.issn.2096-1863.2020.01.010.
- Liu H, Cui MZ, Li WX, et al. Arrhythmia during pulmonary artery AngioJet rheolytic thrombectomy: a report of 5 cases and review of literatures[J]. Chinese Journal of Vascular Surgery, 2020, 5(1): 49-52. doi:10.3760/cma.j.issn.2096-1863.2020.01.010.

(本文编辑 姜晖)

本文引用格式:何楠, 唐小斌, 梁紫轲, 等. AngioJet机械性血栓抽吸术治疗急性肺栓塞的疗效与安全性:附3例报告并文献回顾[J]. 中国普通外科杂志, 2022, 31(6):753-759. doi: 10.7659/j.issn.1005-6947.2022.06.007

Cite this article as: He N, Tang XB, Liang ZK, et al. Efficacy and safety of AngioJet rheolytic thrombectomy for acute pulmonary embolism: a report of 3 cases and literature review[J]. Chin J Gen Surg, 2022, 31(6):753-759. doi:10.7659/j.issn.1005-6947.2022.06.007