



[DOI] 10.3969/j.issn.1001-9057.2024.05.004

http://www.lcnkzz.com/CN/10.3969/j.issn.1001-9057.2024.05.004

· 综述与讲座 ·

# 大血管闭塞性急性缺血性卒中机械取栓一把通影响因素的研究进展

朱潇男 周志明

**【摘要】** 大血管闭塞性急性缺血性卒中(LVO-AIS)早期血管内治疗的良好预后与快速、完全的血管再通相关。首过效应(FPE,简称一把通)是指取栓设备的单次操作达到血管完全或接近完全再通,与多次操作血管再通的患者相比,FPE有着更好的预后,成为机械取栓(MT)中一个重要的目标。了解FPE的影响因素将有助于我们改善血管内治疗的结果。在此,我们检索了大量FPE的相关研究,并对其研究进展进行综述。

**【关键词】** 急性缺血性卒中; 机械取栓; 首过效应

**【中图分类号】** R743.3

**【文献标识码】** A

急性缺血性卒中(AIS)是我国导致残疾和死亡的常见原因之一。在大血管闭塞引起的AIS患者中,机械取栓(MT)优于药物治疗的疗效已得到证实<sup>[1]</sup>,快速和完全的血管再通至关重要<sup>[2]</sup>。在行MT的患者中,大约只有1/4实现了首过效应(FPE,简称一把通),其余3/4的患者在MT后有着更高的不良事件率及更差的临床预后<sup>[3]</sup>。

MT中的多次操作会促进动脉内皮的损伤,导致术后不良事件的发生<sup>[4]</sup>。除此之外,FPE患者的手术时间明显缩短,较长的血管再通时间是预后不良因素之一<sup>[5]</sup>。因此,在MT中实现FPE将是神经介入医师的进一步目标,探寻在MT中影响实现FPE的相关因素将有助于改善患者的临床预后。本文就FPE的影响因素作一简要的综述。

## 一、MT中FPE的定义

2018年Zaidat等<sup>[2]</sup>首次提出了FPE的概念,定义为:(1)取栓器械的单次操作;(2)闭塞血管区远端血流完全灌注[改良脑梗死溶栓(mTICI)3级];(3)未使用补救措施。然而相关研究结果表明,mTICI 2c/3级与mTICI 3级的临床结局比较并无明显差异<sup>[6]</sup>。此外,改良的FPE(mFPE)的血管再通标准定义为血流分

级达到mTICI 2b/3级,在研究中也应用广泛。因为mTICI 2b/3级在90天改良Rankin量表(mRS)评分0~2分与mTICI 2c/3级比较并无明显差异<sup>[7]</sup>,因此,有研究将FPE的血管再通标准定义为血流分级达到mTICI 2c/3级<sup>[8]</sup>。

## 二、MT中FPE的影响因素

### 1. 影像学

AIS患者的影像学诊断包括非增强螺旋CT、MRI和CT血管成像,已从一种诊断工具发展为一种定量定性的评价工具,可帮助预测溶栓药物及MT结果。头颅CT结果中高密度血管征(HVS)已被证实和富含红细胞血栓有关,并与更高的再通率相关<sup>[9]</sup>。2021年Kovilapu等<sup>[10]</sup>报道了HVS与更高的FPE发生率有关。Mohammaden等<sup>[11]</sup>也发表了类似观点,HVS的存在显著提高了FPE的发生率。

头颅MRI上的敏感性血管征(SVS)对应于血栓部位的低强度信号,也与血栓内红细胞含量有关<sup>[11]</sup>。Bourcier等<sup>[12]</sup>评估了抽取取栓与支架取栓的血管成功再通(ASTER)和THRombectomy des Arteres Cerebrales (THRACE)患者试验发现SVS与90天mRS 0~2级相关,但两组间mTICI分级比较无明显差异。2023年,Kanamoto等<sup>[13]</sup>报道了SVS的宽度与FPE之间的关系,并发现较大的SVS宽度与较高的血管再通率及FPE发生率相关。因此,在术前充分评估患者影像学资料,可帮助术者对患者的预后作出预测。

### 2. 桥接治疗

基金项目:安徽省教育厅重大项目(2023AH040256,2022AH040180);  
安徽省科技厅临床医学研究转化专项(202204295107020017)

作者单位:241001 安徽芜湖,皖南医学院第一附属医院(弋矶山医院)神经内科

通讯作者:周志明,E-mail:neuro\_depar@hotmail.com

凝血系统通过多种凝血因子作用于纤维蛋白,与激活的血小板等细胞形成血栓。纤溶系统是纤维蛋白溶酶原激活剂将非活性溶酶原转化为活性纤溶酶,进而分解纤维蛋白。溶栓药物通过与血栓结合,激活纤溶酶原转化为活性纤溶酶,从而溶解血栓。理论上,术前溶栓药物的使用能够降解血栓中的纤维蛋白成分,继而影响血管内治疗的效果。

2019 年 Goyal 等<sup>[14]</sup>通过比较直接 MT 和桥接治疗(术前静脉溶栓 + MT)的疗效,发现桥接治疗患者手术时间明显缩短,取栓设备操作次数较少,且术后症状性颅内出血及 90 天死亡率并没有较直接取栓组增加。El Malky 等<sup>[15]</sup>评价了桥接治疗与直接 MT 的 FPE 发生率,发现尽管桥接治疗组的发病到穿刺时间显著较短,但两组之间的再通率、FPE 发生率和穿刺血运重建时间比较无统计学差异。然而,在 Lee 等<sup>[16]</sup>的研究中发现,桥接治疗能够提高 FPE 的发生率。根据目前的研究,桥接治疗是否优于直接 MT 尚不明确,还需大型随机对照试验论证。

### 3. 血栓组织学

MT 技术和设备的不断优化为研究 AIS 闭塞血管部位的血栓提供了独特的机会。最近一项研究对回收卒中血栓的分析显示,根据血栓组成(富含红细胞、富含纤维蛋白/血小板)不同主要分为两种类型<sup>[17]</sup>。值得注意的是,回收的血栓是高度异质性的,在组成和组织学方面各不相同。因此,其组成中确定的共同成分可能会影响对 AIS 治疗的反应。

与富含纤维蛋白的血栓相比,富含红细胞的血栓与较高的再通率、较少的操作次数和较短的平均再通时间相关<sup>[18]</sup>。这可能是因为富含纤维蛋白的血栓比富含红细胞的血栓具有更高的摩擦系数,因此与血管壁有更强的相互作用,更难从血管壁中去除。此外,血栓的黏性及弹性随其成分组成而变化,富含红细胞的血栓黏性更大,富含纤维蛋白的血凝块弹性更大<sup>[19]</sup>。Nogueira 等<sup>[20]</sup>的一项研究表明,富含纤维蛋白和富含血小板的血栓与操作次数的增加相关,富含红细胞的血栓在选择抽吸取栓作为一线治疗时,有着较高的 FPE 发生率。Delvoye 等<sup>[21]</sup>认为富含血小板的血栓与较低的 FPE 发生率相关。此外,一项体外实验表明,血栓的血小板含量会增加血栓的硬度及摩擦力,从而导致较差的预后<sup>[22]</sup>。

### 4. 手术方式

过去的几年里,大血管闭塞性 AIS 中(LVO-AIS)患者的主要治疗手段之一是支架取栓术。然而,随着器械及技术的不断优化,抽吸取栓的使用越来越广泛。2019 年, Ducroux 等<sup>[3]</sup>比较了接受支架取栓与抽吸取

栓的患者,结果发现支架取栓与抽吸取栓有着相似的 FPE 发生率。2022 年,一项基于 ANGEL-ACT 的研究表明,相对于单独支架取栓,支架 + 抽吸取栓联合治疗并未在 FPE 发生率、血运重建结果及 90 天临床预后中取得优势<sup>[23]</sup>。Hernandez 等<sup>[24]</sup>比较了在急性颈内动脉闭塞中支架取栓与抽吸取栓的差异性,发现支架取栓作为一线治疗,FPE 的发生率优于抽吸取栓,且较长的支架取栓设备获得的效果更好。相比于支架取栓,急性后循环卒中患者抽吸取栓 FPE 发生率更高、血栓逃逸发生率和手术时间更短。在术后 90 天的随访中,接受抽吸取栓治疗的患者功能独立性更高,死亡率更低<sup>[25]</sup>。目前,在 LVO-AIS 手术方式的选择上暂无一致的意见,仍需进一步研究。

### 5. 脑血管解剖

颈内动脉(ICA)迂曲即在血管延长的基础上发生不同类型的弯曲,包括盘绕、袢行和扭曲的血管异常形态。ICA 迂曲分为颅外段迂曲和海绵窦段迂曲。其中颅外段迂曲分为 4 型:直型[颈总动脉(CCA)与 ICA 中心线夹角  $< 15^\circ$ ]、迂曲型[CCA 与 ICA 夹角  $> 15^\circ$  或 ICA 呈 C 形或 S 形]、卷曲型(ICA 的过度 S 形曲线或圆形构型)及扭结型(弯曲成角  $< 90^\circ$  伴狭窄)。颅外段 ICA 迂曲被定义为 ICA 弯曲或扭结。ICA 海绵窦段迂曲分为 4 型:I 型为前膝和后膝的开放型,后膝角  $\geq 90^\circ$ ; II 型为前膝闭合型,前膝角锐角; III 型为后膝向后偏斜,呈屈曲状; IV 型最为迂曲,具有 Simmons 型造影导管形状,与前膝相比,后膝向上弯曲。III 型、IV 型被认为是海绵窦段迂曲<sup>[26]</sup>。

ICA 迂曲是 MT 失败的常见原因,因为支架取栓器在弯曲的血管中操作困难,在进入和回收的过程中与血管的相互作用,使支架被拉伸并可能在回收过程中塌陷收缩,从而失去对血栓的抓力,导致血栓与之脱离。血管弯曲也减少了抽吸导管与血栓之间接触的面积,从而阻碍了血栓的抽吸。血管弯曲度降低了支架取栓和抽吸取栓的效果,增加了取栓设备的操作次数,降低了实现完全再灌注的可能性。Koge 等<sup>[26]</sup>研究结果显示,ICA 迂曲组的 FPE 发生率低于非迂曲组,且迂曲组术后颅内出血转化的风险增加。2022 年,Chen 等<sup>[27]</sup>对 ICA 迂曲进行了分类,发现 I 型的 FPE 发生率是 IV 型的 5 倍,并提出可采用大口径的导管和从 ICA 入路来减少手术的难度和时间。

大脑中动脉近端或远端闭塞的临床预后差异可能归因于解剖和生理因素。大脑中动脉 M1 段供应着内囊和基底节区的血流,且侧支循环不发达,当此处发生闭塞时,会导致更严重的临床症状。大脑中动脉近端闭塞表明其血栓负荷较大,会降低静脉溶栓的有效性。

此外,闭塞部位也被证实是血栓长度的预测因素,大脑中动脉近端闭塞的血栓长度常常  $>8\text{ mm}$ <sup>[28]</sup>,且血栓长度越短,MT 中 FPE 发生率越高<sup>[29]</sup>。Salahuddin 等<sup>[30]</sup> 研究结果发现,相对于大脑中动脉近端闭塞,大脑中动脉远端闭塞有着更高的 FPE 发生率和更好的临床预后。Baharvahdat 等<sup>[31]</sup>报道了大脑中动脉 M2 段闭塞较 M1 段闭塞有着更高的 FPE 发生率,这可能是因为 M2 段血管直径较小,血栓负荷较小,增加了取栓器械与血栓接触的表面积,使得血栓被完整捕获。

## 6. 炎症与凝血指标

炎症反应是导致动脉粥样硬化的主要病理生理机制之一,急性大血管闭塞后,血管内皮释放的炎症因子导致血管内皮细胞磷酸化,通过组织因子的释放,激活凝血级联反应。中性粒细胞和血小板在炎症反应和血栓形成中起关键作用。血小板与淋巴细胞比值(PLR)被证实与慢性炎症有关,较高的 PLR 与血栓和炎症性血管内斑块形成有关,这可能直接影响了 FPE 的成功率<sup>[32]</sup>。Sarioglu 等<sup>[33]</sup>研究结果证实了高水平的 PLR 与 FPE 失败有关。

血浆 D-二聚体是由纤溶蛋白介导的纤维蛋白降解产物,高水平的血浆 D-二聚体可能导致对内源性纤维蛋白溶解系统的抵抗,并影响血栓形成。Yao 等<sup>[34]</sup>研究表明,入院时血浆 D-二聚体水平较高与不良结局显著相关。2023 年,Baek 等<sup>[35]</sup>研究了血浆 D-二聚体水平与 MT 之间的关系,发现术前血浆 D-二聚体水平越高,FPE 发生率越低,血管再通时间越长,预后越差。

全血黏稠度(WBV)是血液在血管内流动的阻力,其改变了血液对血管壁的应力。在 WBV 升高的状态下,血浆黏度升高,红细胞变形能力降低,并发生聚集,增加外周血管阻力,减慢血流,导致微循环的淤积。因此,WBV 可能会影响 AIS 的发生<sup>[36]</sup>。Song 等<sup>[37]</sup>采用了毛细管黏度计测量 WBV,发现 WBV 的升高与 FPE 的发生率降低及更长的血栓长度有关。血液理化性质的改变在缺血性卒中中发挥着不可忽视的作用,现有文献对其研究有限,仍需进一步评估与血管再通之间的关联。

## 三、急性椎-基底动脉闭塞性卒中

以往的随机临床试验结果证实了 MT 治疗急性前循环大血管闭塞性卒中的有效性<sup>[1]</sup>。然而,近期的随机对照研究未能证明 MT 治疗在基底动脉闭塞(BAO)患者中优于传统保守内科治疗。实际上,MT 对急性 BAO 患者的获益仍缺乏充足的证据<sup>[38-39]</sup>。然而,考虑到该病的高致死率,MT 在实际治疗中越来越被临床医生和患者所选择。2023 年的一项急性 BAO 研究

(BASILAR)结果表明,BAO FPE 发生率为 17.6%,与非 FPE 患者相比,FPE 患者的功能预后更好,从腹股沟穿刺到再通的时间更短。这可能是由于闭塞血管的快速再通减少了持续缺血对脑组织的损伤,降低了血管壁损伤的风险,可以更好地减少再通血管的再闭塞及术后不良事件的发生<sup>[40]</sup>。因此,在 MT 中实现 FPE 将是神经介入医师追求的主要目标。

一项缺血性卒中的血管内治疗(ETIS)研究表明,在急性 BAO 卒中中使用抽吸取栓可能比支架取栓更能有效地实现 FPE<sup>[41]</sup>。但该中心似乎更偏向抽吸取栓作为一线治疗,可能会出现选择偏倚。因此,需要进一步的随机试验研究来证实这一发现。Monteiro 等<sup>[42]</sup>比较了不同的取栓技术,发现支架联合抽吸取栓较单纯抽吸或支架取栓治疗急性 BAO 中 FPE 的发生率有明显提升。这可能是血栓的性质不同导致的,通常来说,栓塞所致的血栓可通过抽吸取栓很好地取出,而大血栓或动脉粥样硬化相关的血栓单纯抽吸往往效果不佳,需要采取更有力的技术。

## 四、FPE 与预后的关系

MT 是取栓器械与血栓的直接作用,每一种取栓方式都与血管损伤和远端栓塞风险有关。反复的取栓操作可能会造成血管的损伤,这也会影响临床结局。Mereuta 等<sup>[43]</sup>对 237 例 MT 中取出的所有血栓进行了组织学分析,发现在 12%的血栓中检测到了血管壁成分,且与较多的操作次数有关。Lee 等<sup>[43]</sup>研究发现操作次数与术后蛛网膜下腔出血有关,操作次数越多,发生蛛网膜下腔出血的风险越高。此外,每次取栓操作都会产生成千上万的小血栓,这些小血栓大部分肉眼看不见,但可能阻塞小动脉和毛细血管。即使由此产生的小血栓造成的梗死在影像中可能不可见,其也会造成临床预后的不良<sup>[44]</sup>。

此外,手术时间的长短也会影响预后。相关研究表明,当手术时间  $>60$  分钟,其 90 天功能独立的概率  $<50\%$ ;当手术时间  $>120$  分钟,其术后出血转化的发生率明显升高<sup>[45]</sup>。而 FPE 手术时间显著低于非 FPE,可能是因为 FPE 可通过减少操作次数来减少血管再通的时间<sup>[2]</sup>。

LVO-AIS 不仅有着高致残率和高死亡率,同时还对患者的家庭造成一定的负担。有关研究结果表明,提高 FPE 发生率不仅会提高患者的生活质量,还会降低整体医疗费用。临床预后的改善通常与经济效益有关<sup>[46]</sup>。FPE 患者的医疗成本较低,主要是由于与无法功能独立的患者相比,长期护理相关成本降低。其次,FPE 实现了单次取栓设备操作的完全再灌注,这意味

着无需更换设备或采取补救措施,大大节约了医疗成本。FPE 患者的总住院时间明显缩短,表明患者恢复更快<sup>[47]</sup>。因此,医疗资源使用的减少和成本节约是由临床结局的改善推动的。从临床和经济角度来看,实现 FPE 是治疗 LVO-AIS 患者的主要目标之一。

## 五、手术设备与技术

随着 MT 技术和设备的不断更新,明显改善了血管内治疗的结果。ANA 取栓系统通过限制远端血流和最大化导管-血管直径比的组合,最大限度地降低了血栓的碎裂和远端栓塞的风险。ANA 与支架取栓的组合实现了较高的成功再通率和 FPE 发生率,具有良好的安全性<sup>[48]</sup>。CLEARTM 抽吸系统是一种新型的 MT 设备,通过连续均匀的抽吸或循环抽吸取出血栓,并证明循环抽吸使完整血栓被吸入也增加了 FPE 发生率并减少了远端栓塞<sup>[49]</sup>。EmboTrap II 是一种新型支架取栓器,拥有近端双 marker 点,可更精准地进行支架放入,且其将外部网笼从 3 个增加到 5 个,提升了完整捕获血栓的能力。一项关于 EmboTrap II 在 AIS 的 FPE(FREE-AIS)研究结果证实 EmboTrap II 在 MT 中的安全有效性,并提升了 FPE 的发生率<sup>[50]</sup>。

球囊引导导管(BGC)通过对血流的封堵降低远端栓塞,减少手术操作次数。Kang 等<sup>[51]</sup>研究结果发现 BGC 的使用减少了抽吸取栓操作次数及远端栓塞,并显著增加了 FPE 发生率及完全再通率,与良好的预后独立相关。

抽吸取栓术被广泛应用于 LVO-AIS 治疗,然而抽吸导管的直径似乎能够影响 MT 治疗结果。研究表明,在 MT 中较大直径的抽吸导管能够显著提升 FPE 发生率,同时减少并发症的发生率<sup>[52]</sup>。Schartz 等<sup>[53]</sup>对比了不同直径的抽吸导管的治疗效果,发现虽然较大直径的导管能够提升 FPE 发生率,但也增加了颅内出血并发症的发生率。大口径的抽吸导管在提高 FPE 发生率有着一致的论证,但对术后并发症的影响暂无统一意见。因此,需要术者根据实际情况,权衡利弊,选择合适的导管。

此外,SAVE 技术<sup>[54]</sup>、Solubra 技术<sup>[55]</sup>、Trevor 支架取栓器<sup>[56]</sup>均能不同程度的提升 FPE 发生率。

## 六、总结

随着 MT 技术和设备的不断优化,血管内治疗的效果也在不断提升。快速和完全的再灌注能够明显改善患者的预后。因此,在行 MT 治疗时,应根据实际情况,充分评估患者各方面的资料,避开影响血管再通的因素,提升血管内治疗的效果。同时,不断开发新设备

和新技术,使患者的预后得到改善。除了提升神经介入医师的技术外,如何提升 FPE 的发生率是一个重要的目标,仍需继续努力。

## 参 考 文 献

- [1] Goyal M, Menon BK, Van Zwam WH, et al. Endovascular thrombectomy after large-vessel ischaemic stroke: a meta-analysis of individual patient data from five randomised trials[J]. Lancet, 2016, 387(10029): 1723-1731.
- [2] Zaidat OO, Castonguay AC, Linfante I, et al. First Pass Effect: A New Measure for Stroke Thrombectomy Devices[J]. Stroke, 2018, 49(3): 660-666.
- [3] Ducroux C, Piotin M, Gory B, et al. First pass effect with contact aspiration and stent retrievers in the Aspiration versus Stent Retriever (AS-TER) trial[J]. J Neurointerv Surg, 2020, 12(4): 386-391.
- [4] Mereuta OM, Abbas I M, Fitzgerald S, et al. Histological evaluation of acute ischemic stroke thrombi may indicate the occurrence of vessel wall injury during mechanical thrombectomy[J]. J Neurointerv Surg, 2022, 14(4): 356-361.
- [5] Spiotta AM, Varga SJ, Turner R, et al. The golden hour of stroke intervention: effect of thrombectomy procedural time in acute ischemic stroke on outcome[J]. J Neurointerv Surg, 2014, 6(7): 511-516.
- [6] Kaesmacher J, Dobrocky T, Heldner MR, et al. Systematic review and meta-analysis on outcome differences among patients with TICI2b versus TICI3 reperfusion: success revisited[J]. J Neurol Neurosurg Psychiatry, 2018, 89(9): 910-917.
- [7] Almekhlafi MA, Mishra S, Desai JA, et al. Not all "successful" angiographic reperfusion patients are an equal validation of a modified TICI scoring system[J]. Interv Neuroradiol, 2014, 20(1): 21-27.
- [8] Di Maria F, Kyheng M, Consol IA, et al. Identifying the predictors of first-pass effect and its influence on clinical outcome in the setting of endovascular thrombectomy for acute ischemic stroke: Results from a multicentric prospective registry[J]. Int J Stroke, 2021, 16(1): 20-28.
- [9] Brinjikji W, Duffy S, Burrow SA, et al. Correlation of imaging and histopathology of thrombi in acute ischemic stroke with etiology and outcome: a systematic review[J]. J Neurointerv Surg, 2017, 9(6): 529-534.
- [10] Kovilapu UB, Jain N, Mishra A, et al. Selecting the Appropriate First-Line Strategy Based on Hyperdense Vessel Sign in Acute Ischemic Stroke Increases First Pass Recanalization: A Tertiary Center Experience[J]. Indian J Radiol Imaging, 2021, 31(4): 830-836.
- [11] Mohammaden MH, Haussen DC, Perry da Camara C, et al. Hyperdense vessel sign as a potential guide for the choice of stent retriever versus contact aspiration as first-line thrombectomy strategy[J]. J Neurointerv Surg, 2021, 13(7): 599-604.
- [12] Bourcier R, Hassen WB, Soize S, et al. Susceptibility vessel sign on MRI predicts better clinical outcome in patients with anterior circulation acute stroke treated with stent retriever as first-line strategy[J]. J Neurointerv Surg, 2019, 11(4): 328-333.
- [13] Kanamoto T, Tateishi Y, Yamashita K, et al. Impact of width of susceptibility vessel sign on recanalization following endovascular therapy[J]. J Neurol Sci, 2023, 446: 120583.
- [14] Goyal N, Tsivgoulis G, Pandh IA, et al. Impact of pretreatment with intravenous thrombolysis on reperfusion status in acute strokes treated with mechanical thrombectomy[J]. J Neurointerv Surg, 2019, 11(11): 1073-1079.
- [15] El Malky I, Abdelhafiz M, Abdelkhalek HM. Intravenous thrombolysis before thrombectomy in acute ischemic stroke: a dual centre retrospective cohort study[J]. Sci Rep, 2022, 12(1): 21071.
- [16] Lee IH, Choi JI, Ha SK, et al. Predictive Factors of First-Pass Effect in Patients Who Underwent Successful Endovascular Thrombectomy for Emergent Large Vessel Occlusion[J]. J Korean Neurosurg Soc, 2024, 67(1): 14-21.
- [17] Staessens S, Denorme F, Francois O, et al. Structural analysis of ischemic stroke thrombi: histological indications for therapy resistance[J]. Haematologica, 2020, 105(2): 498-507.
- [18] Maekawa K, Shibata M, Nakajima H, et al. Erythrocyte-Rich Thrombus Is Associated with Reduced Number of Maneuvers and Procedure Time

- in Patients with Acute Ischemic Stroke Undergoing Mechanical Thrombectomy[J]. *Cerebrovasc Dis Extra*, 2018, 8(1): 39-49.
- [19] Gunning GM, McArdle K, Mirza M, et al. Clot friction variation with fibrin content; implications for resistance to thrombectomy[J]. *J Neurointerv Surg*, 2018, 10(1): 34-38.
- [20] Nogueira RG, Pinheiro A, Brinjikji W, et al. Clot composition and recanalization outcomes in mechanical thrombectomy[J]. *J Neurointerv Surg*, 2023. [Online ahead of print]
- [21] Delvoye F, Di Meglio L, Consol IA, et al. High thrombus platelet content is associated with a lower rate of first pass effect in stroke treated by endovascular therapy[J]. *Eur Stroke J*, 2022, 7(4): 376-383.
- [22] Johnson S, Chueh J, Gounis MJ, et al. Mechanical behavior of in vitro blood clots and the implications for acute ischemic stroke treatment[J]. *J Neurointerv Surg*, 2020, 12(9): 853-857.
- [23] Huo X, Sun D, Hu M, et al. Mechanical thrombectomy with combined stent retriever and contact aspiration versus stent retriever alone for acute large vessel occlusion; data from ANGEL-ACT registry[J]. *Stroke Vasc Neurol*, 2023, 8(4): 318-326.
- [24] Hernandez D, Serrano E, Molins G, et al. Comparison of First-Pass Effect in Aspiration vs. Stent-Retriever for Acute Intracranial ICA Occlusion[J]. *Front Neurol*, 2022, 13: 925159.
- [25] Ye G, Wen X, Wang H, et al. First-line contact aspiration versus first-line stent retriever for acute posterior circulation strokes; an updated meta-analysis[J]. *J Neurointerv Surg*, 2022, 14(5): neurintsurg-2021-017497.
- [26] Koge J, Tanaka K, Yoshimoto T, et al. Internal Carotid Artery Tortuosity; Impact on Mechanical Thrombectomy[J]. *Stroke*, 2022, 53(8): 2458-2467.
- [27] Chen C, Zhang T, Xu Y, et al. Predictors of First-Pass Effect in Endovascular Thrombectomy With Stent-Retriever Devices for Acute Large Vessel Occlusion Stroke[J]. *Front Neurol*, 2022, 13: 664140.
- [28] Kamalian S, Morais LT, Pomerantz SR, et al. Clot length distribution and predictors in anterior circulation stroke; implications for intra-arterial therapy[J]. *Stroke*, 2013, 44(12): 3553-3556.
- [29] Waqas M, Li W, Patel TR, et al. Clot imaging characteristics predict first pass effect of aspiration-first approach to thrombectomy[J]. *Interv Neuroradiol*, 2022, 28(2): 152-159.
- [30] Salahuddin H, Rao RR, Zaid ISF, et al. First Pass Effect and Location of Occlusion in Recanalized MCA M1 Occlusions[J]. *Front Neurol*, 2022, 13: 884235.
- [31] Baharvahdat H, Ooi YC, Khatibi K, et al. Increased Rate of Successful First Passage Recanalization During Mechanical Thrombectomy for M2 Occlusion[J]. *World Neurosurg*, 2020, 139: e792-e799.
- [32] Drieu A, Levard D, Vivien D, et al. Anti-inflammatory treatments for stroke; from bench to bedside[J]. *Ther Adv Neurol Disord*, 2018, 11: 1756286418789854.
- [33] Sarioglu O, Capar AE, Basokmez DF, et al. Relationship between the first pass effect and the platelet-lymphocyte ratio in acute ischemic stroke[J]. *Interv Neuroradiol*, 2021, 27(4): 523-530.
- [34] Yao T, Tian BL, Li G, et al. Elevated plasma D-dimer levels are associated with short-term poor outcome in patients with acute ischemic stroke; a prospective, observational study[J]. *BMC Neurol*, 2019, 19(1): 175.
- [35] Baek JH, Heo JH, Nam HS, et al. Preprocedural D-Dimer Level as a Predictor of First-Pass Recanalization and Functional Outcome in Endovascular Treatment of Acute Ischemic Stroke[J]. *J Clin Med*, 2023, 12(19): 6289.
- [36] Gyawali P, Lilliecrap TP, Tomari S, et al. Whole blood viscosity is associated with baseline cerebral perfusion in acute ischemic stroke[J]. *Neurol Sci*, 2022, 43(4): 2375-2381.
- [37] Song K, Yi HJ, Lee DH, et al. Association of blood viscosity with first-pass reperfusion in mechanical thrombectomy for acute ischemic stroke[J]. *Clin Hemorheol Microcirc*, 2021, 77(2): 233-244.
- [38] Liu X, Dai Q, Ye R, et al. Endovascular treatment versus standard medical treatment for vertebrobasilar artery occlusion (BEST): an open-label, randomised controlled trial[J]. *Lancet Neurol*, 2020, 19(2): 115-122.
- [39] Langezaal LCM, Van Der Hoeven E, Mont'alverne FJA, et al. Endovascular Therapy for Stroke Due to Basilar-Artery Occlusion[J]. *N Engl J Med*, 2021, 384(20): 1910-1920.
- [40] Zhao C, Hu T, Kong W, et al. First-pass effect in patients with acute basilar artery occlusions undergoing stent retriever thrombectomy[J]. *J Neurosurg*, 2023, 138(3): 693-700.
- [41] Aubertin M, Weisenburger-lile D, Gory B, et al. First-Pass Effect in Basilar Artery Occlusions: Insights From the Endovascular Treatment of Ischemic Stroke Registry[J]. *Stroke*, 2021, 52(12): 3777-3785.
- [42] Monteiro A, Cortez GM, Waqas M, et al. Comparison of effectiveness and outcomes among different thrombectomy techniques in acute basilar artery occlusion; a dual-center experience[J]. *Neurosurg Focus*, 2021, 51(1): E8.
- [43] Lee H, Quresh IAM, Mueller-kronast NH, et al. Subarachnoid Hemorrhage in Mechanical Thrombectomy for Acute Ischemic Stroke: Analysis of the STRATIS Registry, Systematic Review, and Meta-Analysis[J]. *Front Neurol*, 2021, 12: 663058.
- [44] Chueh JY, Purl AS, Wakhloo AK, et al. Risk of distal embolization with stent retriever thrombectomy and ADAPT[J]. *J Neurointerv Surg*, 2016, 8(2): 197-202.
- [45] Huang X, Cai Q, Xiao L, et al. Influence of procedure time on outcome and hemorrhagic transformation in stroke patients undergoing thrombectomy[J]. *J Neurol*, 2019, 266(10): 2560-2570.
- [46] Gonzalez Diaz E, Rodriguez-paz C, Fernandez-prieto A, et al. Economic impact of the first pass effect in mechanical thrombectomy for acute ischaemic stroke treatment in Spain; a cost-effectiveness analysis from the national health system perspective[J]. *BMJ Open*, 2022, 12(9): e054816.
- [47] Zaidat OO, Ribo M, Mattle HP, et al. Health economic impact of first-pass success among patients with acute ischemic stroke treated with mechanical thrombectomy; a United States and European perspective[J]. *J Neurointerv Surg*, 2021, 13(12): 1117-1123.
- [48] Tomasello A, Hernandez D, Pinana C, et al. Mechanical thrombectomy with a novel device; initial clinical experience with the ANA thrombectomy device[J]. *J Neuroradiol*, 2022, 49(4): 324-328.
- [49] Kalousek V, Yoo AJ, Sheth SA, et al. Cyclical aspiration using a novel mechanical thrombectomy device is associated with a high TICI 3 first pass effect in large-vessel strokes[J]. *J Neuroimaging*, 2021, 31(5): 912-924.
- [50] Baek JH, Kim BM, Suh SH, et al. First-Pass Recanalization with Embo-Trap II in Acute Ischemic Stroke (FREE-AIS): A Multicenter Prospective Study[J]. *Korean J Radiol*, 2023, 24(2): 145-154.
- [51] Kang DH, Kim BM, Heo JH, et al. Effect of balloon guide catheter utilization on contact aspiration thrombectomy[J]. *J Neurosurg*, 2019, 131: 1949-1500.
- [52] Perez-garcia C, Maegerlein C, Rosati S, et al. Impact of aspiration catheter size on first-pass effect in the combined use of contact aspiration and stent retriever technique[J]. *Stroke Vasc Neurol*, 2021, 6(4): 553-560.
- [53] Schartz D, Ellens N, Kohli GS, et al. Impact of aspiration catheter size on clinical outcomes in aspiration thrombectomy[J]. *J Neurointerv Surg*, 2023, 15(e1): e111-e116.
- [54] Maus V, Behme D, Kabbasch C, et al. Maximizing First-Pass Complete Reperfusion with SAVE[J]. *Clin Neuroradiol*, 2018, 28(3): 327-338.
- [55] Jablonska M, Li J, Tiberl R, et al. Partial (SAVE) versus Complete (Solumbra) Stent Retriever Retraction Technique for Mechanical Thrombectomy: A Randomized In Vitro Study[J]. *AJNR Am J Neuroradiol*, 2023, 44(10): 1165-1170.
- [56] Mokin M, Primiani CT, Castonguay AC, et al. First Pass Effect in Patients Treated With the Trevo Stent-Retriever: A TRACK Registry Study Analysis[J]. *Front Neurol*, 2020, 11: 83.

(收稿日期: 2024-04-16)

(本文编辑: 余晓曼)